



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 10/89

JAANA UUSI-KÄMPPÄ

Kasvintuotannon tutkimuslaitos

Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 10/89

JAANA UUSI-KÄMPPI

Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta

Maatalouden tutkimuskeskus

Kasvintuotannon tutkimuslaitos

Maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala

31600 JOKIOINEN

(916 - 88111)

Jokioinen 1989

ISSN 0359-7652

Sisällysluettelo	Sivu
KÄYTETYT LYHENTEET	2
TIIVISTELMÄ	3
1. JOHDANTO	4
2. MAATALOUDEN AIHEUTTAMA HAJAKUORMITUS	5
2.1. Peltoviljelystä aiheutuvan kuormituksen suuruus	6
2.2. Eroosio ja ravinteiden huuhtoutuminen	7
2.2.1. Eroosio eli maa-aineksen huuhtoutuminen	8
2.2.1.1. Eroosion voimakkuuteen vaikuttavat tekijät	9
2.2.1.2. Eroosion voimakkuus Suomessa	10
2.2.2. Fosforin huuhtoutuminen	11
2.2.3. Typen huuhtoutuminen	12
2.2.4. Mikrobin huuhtoutuminen	15
2.2.5. Torjunta-aineiden huuhtoutuminen	15
2.3. Huuhtoutumisen aiheuttamat vesistövaikutukset	16
2.3.1. Fosforin vaikutukset	18
2.3.2. Typen vaikutukset	18
2.3.3. Mikrobin vaikutukset	20
2.3.4. Torjunta-aineiden huuhtoutumisen vesistövaikutukset	21
3. PELTOVILJELYN AIHEUTTAMAN KUORMITUKSEN VÄHENTÄMINEN	22
3.1. Vesistöystävälliset viljelytoimenpiteet	22
3.1.1. Ojitus	23
3.1.2. Lannoitus	23
3.1.3. Viljelykasvin valinta sekä viljelykierto	25
3.1.4. Kesannointi	26
3.1.5. Kyntäminen ja auraton viljely	27
3.2. Vesiensuojelunäkökohdat lannan ja puhdistamolietteen levityksessä	28
3.2.1. Levitysjankko	29
3.2.2. Levityspaikka ja levitysalan suuruus	31
3.2.3. Levitystapa	32
3.3. Torjunta-aineiden huuhtoutumisen vähentäminen	33
3.4. Suojavyöhykkeet valumavesien puhdistajina	34
3.4.1. Suojavyöhyketutkimus maailmalla	35
3.4.1.1. Suojametsäkohteet	36
3.4.1.2. Rinnakkaiset valuma-alueet	37
3.4.1.3. Koeruuduilla tehty suojakaistakohteet	39
3.4.2. Suojavyöhyketutkimuksen tarkastelua	42
3.4.3. Suojavyöhyketutkimus Suomessa	43
3.4.3.1. Vantaanjoen suojavyöhykeselvitys	44
3.4.3.2. Maatalouden tutkimuskeskuksessa aloitettava suojakaistatutkimus	44
3.4.4. Aurajoen suojavyöhyke-esitys	45
3.4.5. Neuvostoliiton suojavyöhykekokeilu	46
3.4.6. Ehdotuksia suojakaistan ja -vyöhykkeen leveydestä	47
3.4.7. Suojavyöhykkeen perustaminen	51
3.4.8. Suojavyöhykkeiden hyötykäyttö	53
3.5. Selkeytymisaltat	54
3.5.1. Allaskokeet turvesoilla	54
3.5.2. Selkeytymisaltaiden käyttö Neuvostoliitossa	56
3.5.3. Selkeytymisaltaiden sopivuus valumavesien puhdistamiseen	57
3.5.4. Muut keinot	57
4. LOPPUPÄÄTELMÄT	58
5. KIRJALLISUUS	59

KÄYTETYT LYHENTEET

BOD ₅	= biologinen hapenkulutus (biochemical oxygen demand); Se mittaa vedessä olevan orgaanisen aineen aiheuttamaa hapenkulutusta. BOD ₅ :llä tarkoitetaan pimeässä tavallisesti 20°C:n lämpötilassa 5 vuorokauden aikana kuluneen hapen määrää.
COD	= kemiallisen hapen tarve (chemical oxygen demand); Se mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää.
h	= tunti
km ²	= neliökilometri (100 hehtaaria)
LC ₅₀	= vedessä olevan myrkyllisen aineen pitoisuus, joka tappaa puolet koe-eläimistä (lethal concentration 50)
m ³	= kuutiometri (1000 litraa)
mg N/l	= typen konsentraatio (milligrammaa typpeä litrassa nestettä)
N	= typen kemiallinen merkki
NO ₃ -N	= nitraattityppi
P	= fosforin kemiallinen merkki
PO ₃ -P	= fosfaattifosfori; Liuennut epäorgaaninen fosfori, jota levät käyttävät
pH	= happamuus; Veden normaali pH on lähellä neutraalia (pH = 7). Vesien eliöstö on sopeutunut elämään pH-alueella 6,0 - 8,0. Suomen vesistöissä pH on yleensä lievästi happamalla puolella vesien luontaisesta humuskuormituksesta johtuen (pH yleensä 6,5 - 6,8).
s	= sekunti
t/ha	= tonnia/hehtaari = tuhat kiloa hehtaaria kohti

TIIVISTELMÄ

Hajakuormitus on huomattava vesistöjen likaaaja. Maatalouden ja yleensä hajakuormituksen suhteellinen osuus vesistöjen kuormittajana on kasvanut teollisuus- ja yhdyskuntajätevesien puhdistuksen parantuessa.

Maataloudesta aiheutuva ravinnekuormitus on peräisin kahdesta eri lähteestä. Tehokkaat viljelytoimet ovat lisänneet kiintoaines- ja ravinnehuuhtoutumia pelloilta. Ravinteita pääsee pinta- ja pohjavesiin myös suorina vuotoina lanta-, virtsa- ja säilörehuvarastoista.

Valtioneuvosto teki periaatepäätöksen 6.10.1988 vesiensuojelun tavoiteohjelmasta vuoteen 1995. Periaatepäätöksen tavoite on vähentää maataloudesta aiheutuva vesien fosforikuormitus puoleen nykyisestä vuoteen 1995 mennessä. Samalla odotetaan myös eroosion, typpikuormituksen ja torjunta-ainehuuhtoutumien vähenevän huomattavasti. Jotta kyseisiin tavoitteisiin päästäisiin, tulee karjatalouden fosforipäästöt estää kokonaan ja peltoviljelystä aiheutuvaa fosforikuormitusta on vähennettävä kolmanneksella. Karjatalouden päästöt voidaan estää asianmukaisilla lantaloilla. Sen sijaan peltoviljelyn aiheuttamaa kuormitusta on vaikeampi pienentää. Ongelmallisimpia ovat rantapellot, jotka viettävät suoraan vesistöön tai jäävät vuosittain kevät- ja syystulvien alle.

Peltoviljelystä aiheutuvaa kuormitusta voidaan vähentää ensisijaisesti estämällä pintavalumien syntyminen. Parhaiten eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista pelloilta voidaan vähentää maan vedenpidätyskyvyn ylläpidolla, toimivalla ojituksella sekä oikeilla viljelytoimilla. Oikea ja kohtuullinen lannoitus, maan kalkitseminen, oikean viljelykasvin valinta, viljelykierto, viherkesanto, auraton viljely sekä oikeat kynötävät on otettava huomioon pyrittäessä vähentämään pintavalumia. Samalla karjanlannan levittäminen routaantuneelle maalle on lopetettava.

Rehevä kasvusto haihduttaa runsaasti vettä ja ottaa tehokkaasti ravinteita maasta. Rantapelloille suositellaan monivuotista nurmea sekä syysviljoja. Suojakaistoilla sekä laskeutumisaltailla voidaan vähentää kiintoaineen sekä fosforin ja muiden ravinteiden kulkeutumista pelloilta vesistöihin. Erittäin jyrkät sekä tulvan vaivaamat ranta-alueet on jätettävä kokonaan viljelyn ulkopuolelle. Tällaisille jokitörmille tulisi perustaa suojavyöhykkeitä, joita voidaan käyttää esimerkiksi virkistysalueina.

1. JOHDANTO

Vesistöjämme kuormitetaan monilla eri tavoilla. Pistekuormittajia eli teollisuutta ja viemärilaitoksia on pidetty suurimpina vesistöjen likaajina. Niiden aiheuttama fosforia ja happea kuluttavien aineiden kuormitus on kuitenkin pienentynyt huomattavasti viimeisten 15 vuoden aikana. Samalla hajakuormituksen osuus vesistöjen kokonaiskuormituksesta on lisääntynyt fosforin ja orgaanisen aineen osalta. Typen osalta se on pysynyt samana (ANON. 1986).

Hajakuormituksella tarkoitetaan yleensä ihmisen toiminnasta aiheutuvaa vesien kuormitusta, joka tulee vesiin maaperän kautta tai suoraan muuten kuin yhteen purkupaikkaan. Merkittävimmät hajakuormituksen aiheuttajat ovat maa- ja metsätalous sekä haja- ja loma-asutus. Maataloudesta aiheutuva ravinnekuormitus on peräisin pelloilta sekä muina päästöinä lanta-, virtsa- ja säilörehuvarastoista. Pelloilta huuhtoutuva maa-aines sekä fosfori ja typpi ovat huomattavia vesistöjen pilaajia (ANON. 1986).

Valtioneuvoston 6.10.1988 tekemässä periaatepäätöksessä maataloudelta edellytetään samaa kuormituksen vähennystä kuin muiltakin meri- ja vesialueille kuormitusta aiheuttavilta toiminnoilta. Tavoitteena on vähentää oleellisesti karjatalouden ja tuorerehun valmistuksen aiheuttamaa välitöntä kuor-

mitusta. Tällöin pyritään saavuttamaan arviolta 400 tonnin vähenemä vuosittaisessa fosforikuormituksessa. Peltoviljelystä aiheutuvaa, lähinnä pintavaluntana vesistöön joutuvaa fosforikuormitusta pyritään vähentämään viljelyteknisin menetelmin, lannoitukseen ja pellon vesitalouteen kohdistuvilla toimenpiteillä sekä suojavyöhykkeillä. Näin peltoviljelystä aiheutuvan fosforikuormituksen odotetaan vähenevän kolmanneksella nykyisestä. Kaiken kaikkiaan maataloudesta aiheutuvan 1800 tonnin fosforikuormituksen odotetaan vähenevän puoleen nykyisestä vuoteen 1995 mennessä (ANON. 1988).

2. MAATALOUDEN AIHEUTTAMA HAJAKUORMITUS

Maatalouden voimaperäistyminen, tuotannon kehittyminen sekä tilakoon kasvaminen ovat lisänneet maataloudesta aiheutuvaa vesistökuormitusta. Esimerkiksi väkilannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö lisääntyi voimakkaasti 1960- ja 1970-luvuilla. Maatalouden erikoistuessa eri tuotantosuunnat ovat keskittyneet maan eri osiin. Näin myös hajakuormituksesta aiheutuvat ongelmat vaihtelevat suuresti alueittain (VALPASVUO-JAATINEN 1987).

Etelä-Suomen rannikon järvettämiä jokivesistöjä kuormittaa lähes yksinomaan maatalous. Tiloilla on erikoistuttu viljanviljelyyn ja sianlihan, kananmunien sekä broilereiden tuotantoon. Nurmenviljely on vähentynyt huomattavasti Etelä-Suomessa ja paikoitellen myös syysviljojen viljely on suhteellisen vähäistä. Näin pellot ovat suuren osan vuodesta ilman eroosiolta suojaavaa kasvipeitettä. Tällainen yksipuolinen tehoviljely, runsas väkilannoitteiden käyttö sekä tehokkaat koneet ja muokkausmenetelmät alentavat maan humuspitoisuutta ja tiivistävät maata. Nämä kaikki tekijät yhdessä lisäävät huuhtoutumisriskiä (PUUSTINEN 1987). Myös suurten lietelantamäärien levittäminen jokivarsipelloille aiheuttaa ravinteiden sekä mikrobien huuhtoutumisvaaran.

Lypsykarjanhoito on puolestaan keskittynyt Järvi-Suomen reittivesistöjen alueelle eli Keski-Suomeen, Savoan, Pohjois-Karjalaan ja Kainuuseen. Alueen runsas nurmenviljely vähentää eroosiota ja typen huuhtoutumista. Myös maidontuotantoalueella kuormitetaan vesistöjä. Nurmen viljely on hyvin tehokasta. Säilörehusato korjataan 2 - 3 kertaa ja lannoitteita levitetään useamman kerran kasvukauden aikana. Rankkasateiden aikana lannoitefosfori huuhtoutuu helposti maan pinnalta. Vaarana on myös maan tiivistyminen säilörehunteon aikana. Märissä olosuhteissa painavat rehukuormat saattavat tiivistää ensimmäisen vuoden heinämaan, mistä seuraa pintavalumien sekä fosforihuuhtoutumien lisääntyminen.

2.1. Peltoviljelystä aiheutuvan kuormituksen suuruus

Peltoviljelystä aiheutuvan hajakuormituksen ja peltomailta luontaisesti huuhtoutuvien ravinteiden osuuksia on vaikea erottaa toisistaan. Luonnonkuormitusta ei voida mitata pelloilta, koska sen osuutta ei voi erottaa viljelyn aiheuttamasta kuormituksesta. Arvioita vaikeuttaa myös se, että aikoinaan pellot raivattiin ravinnerikkaille metsämaille. Karuimmat alueet jätettiin metsiksi. Täten luonnonhuuhtoutuman osuus peltomailla olisikin metsämaiden huuhtoutumaa suurempi.

Luonnontilaisten alueiden vuosihuhtoutuman arvioidaan olevan fosforin osalta 0,04 - 0,10 kg/ha ja typen osalta 1 - 2 kg/ha (KAUPPI 1989). Näitä arvoja käytetään myös viljelymaiden luonnonhuuhtoutuman laskemiseen. Peltoviljelystä aiheutuvan fosforihuuhtoutuman arvioidaan olevan 0,5 - 1,5 kg/ha ja typen huuhtoutuman 10 - 30 kg/ha vuodessa.

Taulukko 1. Ravinteiden päästömäärät eri toimialoilla ja toimintoista vuonna 1984 (ANON. 1986).

Toimiala tai toiminta	Kuorma, tonnia vuodessa	
	Fosfori	Typpi
Viemäröidyt yhdyskunnat	570	13 800
Massa- ja paperiteollisuus	675	4 230
Muu teollisuus yhteensä	102	2 530
Peltoviljely	1 400	31 000
Karjatalous	400	1 100
Turvetuotanto	8	250
Turkistarhaus	50	500
Kalankasvatus	123	900
	3 328	54 310

Arvioiden mukaan peltoviljely sekä karjatalous kuormittavat vesistöjä vuosittain 1800 tonnilla fosforia ja 32100 tonnilla typpeä. Maataloudesta aiheutuvan fosfori- ja typpikuormituksen osuuden ollessa puolet kokonaiskuormituksesta vesiensuojelutoimenpiteitä tarvitaan myös maataloudessa. Vain riittävän ajoissa aloitetulla vesiensuojelutyöllä voidaan välttää samalta tilanteelta, mikä on hyvinkin yleinen monilla Keski-Euroopan alueilla. Siellä pohjavesien nitraattipitoisuudet ovat kohonneet monin paikoin huolestuttavan korkeiksi (YOUNG 1983).

2.2. Eroosio ja ravinteiden huuhtoutuminen

Ravinteiden sekä maa-aineksen huuhtoutumista luonnontilassa olevilta alueilta sekä viljelymailta on tutkittu 1950-luvulta lähtien. Kokeita on tehty hydrologisilla havaintoalueilla, huuhtoutumis- sekä lysimetrikentillä (KAUPPI 1978, JAAKKOLA 1984). MANSIKKANIEMI (1982) on tutkinut eroosiota lähinnä Lounais-Suomen savialueilla.

Huuhtoutumiseen vaikuttavat veden virtaukset. Maa-aines ja siihen sitoutunut fosfori kulkeutuvat pintavalumien mukana piiriojiin ja edelleen vesistöihin. Maan läpi suotautuvien salaojavesien mukana maa-ainesta ja fosforia ei kulkeudu kovin paljon. Sen sijaan vesiliukoinen nitraattityppi huuhtoutuu pääasiassa salaojavesien mukana (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985 ja 1987).

Ravinteiden huuhtoutuminen pelloilta on runsainta silloin, kun valumat ovat suuria. Muun muassa sadetuksen on todettu lisäävän ravinnehuuhtoutumia (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985). Vesien kiintoaines- ja ravinnepitoisuudet ovat suurimmillaan keväällä lumien sulamisen aikana. Yhden kuukauden aikana keväällä huuhtoutuu vesiin 1/4 - 1/2 vuotuisista ravinnemääristä (KAUPPI 1978, MANSIKKANIEMI 1982).

Varsinkin syksyllä ja keväällä maan ollessa kynnöksellä runsaat sateet saavat aikaan suuria pintavalumia, jotka kuljettavat mukanaan myös runsaasti maa-ainesta. Keväällä taas lumien sulamisvedet aiheuttavat runsaita valumia. Edellisen syksyn runsaat sateet saattavat synnyttää erittäin tiiviin routakerroksen, joka estää sulamisvesien pääsyn salaojiin. Tällöin pintavalumien osuus kasvaa ja vesistöihin kulkeutuu suurempia kiintoaine- sekä fosforimääriä (PEKKARINEN 1979).

2.2.1. Eroosio eli maa-aineksen huuhtoutuminen

Eroosiolla tarkoitetaan aineksen irtautumista maaperästä sekä kulkeutumista veden, tuulen, jään tai painovoiman mukana. Tapahtumassa on kolme eri vaihetta: aineksen irtautuminen, kulkeutuminen ja kasaantuminen. Eroosio voi irrottaa ja kuljettaa aineksia joko kiinteässä muodossa tai veteen liuenneena (SALO ym. 1985).

Suomessa esiintyy pääasiassa vain vesieroosiota, jota on kah-
ta eri tyyppiä: pinta- ja uomaeroosio. Pintaeroosiossa maahan
iskeytyvät sadepisarot irrottavat maahiukkasia. Kaltevalla
pinnalla hiukkaset lähtevät liikkeelle pintavalunnan mukana.
Jyrkillä rinteillä valumavedet muodostavat pintanoroja, jois-
ta maa syöpyy virtauksen voimasta. Lounais-Suomen syvät jo-
kiuomat sekä jokien ja purojen jyrkentyneet mutkat ovat sel-
vimpiä esimerkkejä uomaeroosiosta (SEUNA ja VEHVILÄINEN
1986). Uomaeroosiota tapahtuu myös juuri kaivetuissa ojissa,
mikäli veden virtausnopeus on kyllin suuri tai ojien reuna-
kaltevuuksia ei ole suunniteltu oikein.

2.2.1.1. Eroosion voimakkuuteen vaikuttavat tekijät

Maan eroosioherkkyyteen eli erodoituvuuteen vaikuttaa monta
erillistä sekä keskenään vaikutussuhteessa olevaa tekijää.
Runsas sadanta, lumen suuri vesipitoisuus ja paksu routaker-
ros lisäävät eroosiota. Myös maa-aineksen raekoko, kerrostu-
neisuus, läpäisevyys, kosteus, mekaaninen koostumus sekä
maanpinnan kaltevuus että kasvipeite vaikuttavat eroosion
voimakkuuteen (LINSLEY ym. 1949, ref. SEUNA ja VEHVILÄINEN
1986).

Raekoolla on suuri vaikutus eroosion voimakkuuteen. Suuriko-
koiset maahiukkaset, joiden halkaisija on yli 2 mm, eivät
lähde helposti veden mukana liikkeelle. Myöskään erittäin
hienot maalajit kuten savi eivät eroidu yhtä helposti kuin
hieman karkeammat maalajit. Hieno hiekka, jonka partikkeliko-
ko on läpimitaltaan 0,06 - 0,2 mm, lähtee helpoiten pintava-
lunnan mukana liikkeelle.

Eroosion kannalta savialueet ovat ongelmallisimpia. Tiivis
savikerros estää veden suotautumisen maan läpi, joten savi-
mailla esiintyy enemmän pintavalumia kuin muilla maalajeilla.

Lisäksi liikkeelle lähtenyt pieni saveshiukkanen saattaa pysyä veden virtauksen mukana pitkiäkin aikoja. Se sedimentoituu vasta, kun virtausnopeus laskee riittävän pieneksi.

Maanpinnan kaltevuus lisää eroosiota. Lisäys on suoraviivaista kaltevuuden kasvaessa nollasta kahteenkymmeneen asteeseen. Maksimi saavutetaan noin 40 asteen kaltevuudella ja sen jälkeen eroosio yleensä pienenee. Erodoituvan maan osuus alkaa vähetä tätä jyrkemmällä rinteillä (LINSLEY ym. 1949, ref. SEUNA ja VEHVILÄINEN 1986).

Myös valuma-alueen peltoprosentti, pellon etäisyys vesirajasta sekä viljelytavat vaikuttavat eroosion voimakkuuteen. Valuma-alueen suuri peltopinta-ala lisää vesistöihin huuhtoutuvan aineksen määrää. Viljamaat ovat pitkän aikaa kynnöksellä vailla huuhtoutumiselta suojaavaa kasvipeitettä. Aivan vesirajaan asti kynnetyiltä pelloilta huuhtoutuu helposti maa-ainesta sade- ja sulamisvesien mukana vesistöön. Kyntöviilujen suunnassa valumavedet virtaavat helposti ojaan tai jokeen.

Kasvillisuus vähentää eroosiota kahdella tavalla. Kasvipeite vaimentaa sadepisaroiden iskuja sekä juuristo sitoo maata estäen maahiukkasten irtoamisen. Kesäaikana kasvit myös haihduttavat runsaasti vettä vähentäen näin pintavalumia. Uoman kasvillisuus puolestaan pienentää veden virtausnopeutta, jolloin myös uomaeroosio vähenee.

2.2.1.2. Eroosion voimakkuus Suomessa

Siirtyminen karjattomaan maatalouteen ja samalla nurmen viljelyalan väheneminen ovat lisänneet eroosiota viime aikoina. Entistä laajemmat peltoalat ovat osan vuotta paljaina, "mustalla mullalla". Syyskyntöjen jälkeen ja lumien sulamisen aikana pellot ovat monin paikoin 80 - 90 -prosenttisesti ilman kasvipeitettä. Samaan aikaan myös maata huuhtelevan veden määrä on suurimmillaan (MANSIKKANIEMI 1983a). Myös kasvukau-

den runsailla rankkasateilla on voimakas erodoiva vaikutus oras- ja juurikasmaihiin keväällä, avokesantomaihin sekä varhaisperunaviljelyksiin.

Suomessa maaperän huuhtoutuminen eli eroosio on voimakkainta Lounais-Suomen savialueilla. Tämän voi todeta jokivedestä. Saveshiukkaset pysyvät pitkään virran mukana samentaan veden. Sedimentoituneet hiukkaset lannoittavat jokirantojen kasveja, jotka muodostavat reheviä kasvustoja törmille.

MANSIKKANIEMI (1982) on tutkinut eroosiota Paimionjoen ja Aurajoen valuma-alueilla. Jyrkiltä rinnepelloilta maa-ainesta huuhtoutui keskimäärin 4,0 - 4,5 t/ha vuosittain. Sateisina vuosina määrä oli melkein 7 t/ha. Tasaisilta pelloilta maata erodoitui vain tonni hehtaarilta vuodessa. Itä- ja Keski-Suomen sekä Lapin moreenivaltaisilla alueilla maa-ainesta huuhtoutui 0,05 - 0,1 t/ha vuodessa (MANSIKKANIEMI 1986).

Aurajoen alueen suuret kiintoainepitoisuudet selittyivät valuma-alueen suurella savespitoisuudella sekä suurella peltoalalla. Liuenneiden aineiden määrät voitiin arvioida meren läheisyyden ja peltoprosentin avulla. Meren lähellä olevat pellot olivat vasta hiljattain kohonneet merestä, jolloin liukenevassa muodossa olevia aineksia oli runsaasti (MANSIKKANIEMI 1982).

2.2.2. Fosforin huuhtoutuminen

Suuri pintavalunnan määrä ja suhteellinen osuus kokonaisvalunnasta lisäävät huomattavasti maan eroosiota sekä kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin huuhtoutumista. Suurin osa vuosittaisesta fosforimäärästä huuhtoutuukin kevättulvan aikana. Pitoisuudet vaihtelevat päivittäin ja jopa tunneittain. Vaihteluun vaikuttavat muun muassa pintavalunnan määrä ja roudan paksuus (SEUNA ja KAUPPI 1981). Fosforipitoisuudet ovat pieniä yöllä ja aamulla. Päivällä (klo 12 - 20) pitoisuudet kasvavat, kun lumi alkaa sulaa pelloilla (PEKKARINEN 1979).

Kasvukauden aikana fosforin huuhtoutuminen on yleensä vähäistä. Poikkeuksena ovat nurmiviljelmät, joille annetaan fosforia pintalannoituksena nurmisadon korjuun jälkeen. Jokioisten huuhtoutumiskenttäkokeissa vuosina 1980 - 1982 fosforia huuhtoutui pintavalumien mukana 1,3 kg/ha nurmiviljelyksiltä ja 0,8 kg/ha ohramailta vuodessa. Nurmipelloilta huuhtoutuneesta fosforista noin 70 % oli liukoisessa muodossa olevaa fosfaattifosforia (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985).

Fosforihuuhtouma (Y_p , kg/km²) kasvaa logaritmisesti valuma-alueen peltoprosentin (P%) kasvaessa (KAUPPI 1978):

$$Y_p\text{-huuhtoutuma} = 15.1 * 10^{\log(P\% + 1)} + 1.9$$

Yhtälö selittää 77 % fosforihuuhtoutuman varianssista. Tärkeätä on myös, kuinka lähellä tarkkailtua vesistöä pellot ovat. Rantapelloilta ravinteita huuhtoutuu eniten. Pellon kaltevuus on vielä tärkeämpi tekijä kuin peltoprosentti (PEKKARINEN 1979). Kaltevuuden kasvaessa myös fosforin huuhtoutuminen kasvaa. Piiriojia pitkin ravinteita kulkeutuu kaukaisemmiltakin viljelymailta tarkkailuvesistöön (KAUPPI 1978).

2.2.3. Typen huuhtoutuminen

Nitraattityppi on hyvin vesiliukoinen päinvastoin kuin fosfori, joka sitoutuu maahiukkasiin. Nitraattityppeä huuhtoutuukin runsaammin salaojavesien kuin pintavesien mukana. Maatalouden tutkimuskeskuksen Jokioisten huuhtoutumiskentän salaojavesissä nitraattitypen osuus oli 90 %. Ammoniumtypen ja orgaanisen typen osuudet olivat 5 %. Pintavesien kokonaistypestä nitraattityppeä oli 60 - 90 %. Runsaiden pintavalumien aikana ammoniumtypen ja orgaanisen typen osuudet kasvoivat (TURTOLA ja JAAKKOLA 1987).

Salaojituksen jälkeen typen huuhtoutuminen lisääntyy voimakkaasti muutaman vuoden ajan. Ilmeisesti veden tehostunut kulku maan läpi tyhjentää maan typpivaroja. Myös maan happipitoisuuden nousu saattaa nopeuttaa ammoniumtypen muuttumista helposti huuhtoutuvaksi nitraattitypeksi. Suuri salaojavalunnan määrä ja suhteellinen osuus kokonaisvalunnasta lisäävät nitraattitypen huuhtoutumista peltomaasta ja nitraattitypen pitoisuuksia valumavesissä (PEKKARINEN 1979).

Nitraattityppipitoisuuden ja valuma-alueen peltoprosentin välillä vallitsee vahva positiivinen lineaarinen riippuvuus (PEKKARINEN 1979). Myös KAUPPI (1978) totesi typen huuhtoutumisen (Y_N , kg/km²) lisääntyvän peltoprosentin kasvaessa.

$$Y_N\text{-huuhtoutuma} = 9,8 * P\% + 180$$

Typen huuhtoutuminen on kaksinkertainen Etelä-Suomen viljelemättömillä alueilla verrattaessa Pohjois-Suomen vastaaviin alueisiin (KAUPPI 1978). Myös GUSTAFSON (1987) on todennut tekemissään huuhtoutumiskenttäkokeissa typen huuhtoutumisen olevan suurempaa Etelä-Ruotsissa kuin Pohjois-Ruotsissa. Maa on pohjoisessa kauemmin roudassa kuin maan eteläisemmissä osissa. Routa estää typen kulkeutumista maassa. Etelässä typen mineralisoituminen jatkuu pitkälle syksyyn leutojen säiden ansiosta. Lisäksi maan eteläosissa viljellään runsaasti viljakasveja, jolloin myös hajoavaa kasvimateriaalia on enemmän kuin maan pohjoisosissa. Maan eteläosissa käytetään myös runsaammin lannoitteita, joten hajoavassa kasvimateriaalissa on enemmän typpeä kuin pohjoisen kasveissa.

Taulukko 2. Pelloilta huuhtoutuvien ravinteiden määrät Suomessa ja Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa/Maan käyttö	Ravinnehuuhtoumat (kg/ha vuodessa)		
	Fosfori	Typpi	Kirjallisuuslähde
SUOMI			
<u>Pienet valuma-alueet</u>			
Viljelemätön	0,04 - 0,06	0,8 - 1,8	KAUPPI 1978
Viljelty	0,57	12	KAUPPI 1979
Viljelty, avo-ojat	0,42 (0,27 - 0,59)	9,3 (4,0 - 18,0)	SEUNA 1981
Viljelty, salaojat	0,72 (0,12 - 1,72)	19,6 (4,4 - 29,4)	SEUNA 1981
<u>Iisalmen reitin yläosa</u>			
Viljelemätön	0,08	1,1	KAASINEN 1984
Viljelty	0,9	16	KAASINEN 1984
<u>Siikajoen vesistöalue</u>			
Viljelemätön	0,09	1,1	SALONSAARI 1983
<u>Huuhtoutumiskenttä</u>			
		NO3	
Kesanto + viljan- viljely		17 4 - 14	JAAKKOLA 1984
Ohramaa	1,2 0,5 - 1,6	11,1 6,5 - 16,5	TURTOLA & JAAKKOLA 1985
Nurmiviljely	1,6 0,4 - 2,6	5,4 2,3 - 7,1	TURTOLA & JAAKKOLA 1985
<u>Lysimetrikenttä</u>			
Viljaviljely		1,6 - 4,2	JAAKKOLA 1984
RUOTSI			
<u>Huuhtoutumiskenttä</u>			
Viljanviljely		13,6	GUSTAFSON 1987
Nurmiviljely		4	- " -
Nurmen kyntö + kesanto		jopa 50	- " -

2.2.4. Mikrobin huuhtoutuminen

Pintavalumien mukana pelloilta huuhtoutuu lannan mukana tulleita taudinaiheuttajia (patogeeneja). Karjatilloilla esiintyy streptokokkeja ja salmonelloja, jotka säilyvät maassa melko kauan tuhoutumatta (HEINONEN-TANSKI 1988). Ulosteperäisen saastumisen osoittamiseen käytetään niin sanottuja indikaattoribakteereja.

Vantaanjoella ja Keravanjoella selvitettiin vuonna 1985 bakteerimäärien vuodenaikaisvaihteluja. Kaikkien tutkittujen indikaattorien määrät vaihtelivat voimakkaasti vuodenajan mukaan. Määrät olivat suurimmillaan suurten virtaamien aikana keväällä ja syksyllä. Talvella ne olivat melko suuret ja kesällä pienet. Hajakuormitusalueella bakteeripitoisuudet kasvoivat alajuoksua kohti (NIEMI ja NIEMI 1988).

Myös Aurajoen alueella indikaattoribakteerien määrän on todettu olevan korkeimmillaan keväällä. Silloin pintavalumien mukana kulkeutuu myös lietelantaa jokiveteen (ANON. 1987a).

2.2.5. Torjunta-aineiden huuhtoutuminen

Nykyisin valtaosa torjunta-aineista joutuu hukkaan ja vain 0,1 - 30 prosenttia saavuttaa sille asetetun kohteen (LAVONEN ja LAINE 1989). Torjunta-aineen vesiliukoisuus, haihtuvuus ja pidäytyminen maahan vaikuttavat torjunta-aineen huuhtoutumiseen maaperästä vesistöön. Useimmat torjunta-aineet liukenevat huonosti veteen ja hajoavat nopeasti, joten niiden kulkeutuminen pellolta on vähäistä (REKOLAINEN 1985). Nykyisin käytössä olevat torjunta-aineet eivät ole niin haitallisia kuin monet muut kemikaalit, mutta niiden käyttötapa ja laajuus saattavat aiheuttaa haittaa luonnolle (REKOLAINEN 1988).

Vuosina 1985 - 1987 tutkittiin valumavesien torjunta-ainepitoisuuksia Jokioisilla (Kotkanojan huuhtoutumiskenttä), Kokemäellä (Löytäneenojan valuma-alue) ja Turussa (Aurajoki).

Yleisimmin näytteissä esiintyi fenoksihappoihin luettavia herbisidejä (MCPA, dikloropropi ja mekopropi), joiden käyttö on myös laajinta. Torjunta-aineiden korkeat pitoisuudet liittyvät yleensä voimakkaisiin sateisiin ja suuriin valumiin. Huuhtoutuminen on runsainta rankkasateen alkuvaiheessa. Tällöin maan pintakerrokseen sijoittuneet liukoiset aineet lähtevät helposti liikkeelle ja myös eroosio on voimakkainta (REKOLAINEN 1985). Sateisina kesinä joitakin torjunta-aineita saattaa huuhtoutua yli prosentti kyseisenä vuonna käytetystä torjunta-ainemäärästä. Yleensä huuhtouma on alle yhden prosentin (REKOLAINEN 1988).

Lyhyt ja viileä kasvukautemme, korkeat viljelymaan humus- ja savespitoisuudet sekä matala pH kuitenkin hidastavat useimpien pestisidien hajaantumista maassa. Ympäristönsuojelullisesti pahin yhdistelmä on pysyvä, helppoliukoinen ja liikkuva pestisidi. Tällaisia ovat muun muassa heksatsinoni sekä markkinoilta poistetut bromasiili ja piklorami, joiden käyttö oli vähäistä (JUNNILA 1988).

2.3. Huuhtoutumisen aiheuttamat vesistövaikutukset

Hidas vesien rehevöityminen on tyypillistä maatalouden vaikutuspiirissä oleville vesistöille (KAUPPI 1984a). Hajakuormitus leviää tasaisesti kaikkialle vesistöön valunnan säätelemänä. Maa-aines sekä ravinteet huuhtoutuvat pääasiassa keväällä ja syksyllä. Kesällä ja talvella maataloudesta aiheutuva hajakuormitus on vähäistä.

Suomen järvivesistöt ovat säilyneet yleensä melko puhtaina. Järvipinta-alasta 80 % luokitellaan käyttökelpoisuudeltaan hyviksi tai erinomaisiksi. Suurissa järvivesistöissä maatalouden kuormittavaa vaikutusta ei voida osoittaa. Niitä kuormittavat pääasiassa suuret teollisuuslaitokset, jolloin pienemmät kuormittajat peittyvät suurempien alle. Maatalousalueilla pienten järvien rehevöityminen on nähtävissä (ANON. 1986).

Jokien yleistilanne on hieman huonompi kuin järvien. Puolet jokiemme kokonaispituudesta kuuluu hyvään ja puolet tyydyttävään tai välttävään käyttökelpoisuusluokkaan. Varsinkin vähäjärvisen rannikkoalueen jokivedet ovat likaantuneita. Haja-kuormituksen vaikutukset näkyvät pienissä joissa selvemmin kuin järvissä. Huonoimmat jokivedet ovat pienillä keskivirtaamaltaan alle $10 \text{ m}^3/\text{s}$ jokiosuuksilla (ANON. 1986).

Virtaavissa jokivesissä kuormituksen merkitys ei ole merkitsevä lukuunottamatta vedenhankintavesistöjä. Tällainen vesistöalue on muun muassa Aurajoki, josta Turun kaupunki ottaa raakaveden. Peltoviljelyn ja karjatalouden aiheuttama kuormitus muodostaa Etelä- ja Lounais-Suomen jokivesistöissä suuren osan vesistöjen kokonaiskuormituksesta. Esimerkiksi Aurajoen kuormituksesta 70 - 80 prosenttia on arvioitu olevan peräisin maataloudesta ja haja-asutuksesta (ANON. 1987a).

Itämeressä varsinkin Tanskan salmien kohdalla merivesi on tullut ravinnerikkaammaksi viime vuosikymmeninä. Tähän on ilmeisesti vaikuttanut jäte- ja valumavesien lisääntyminen. Norjan ja Ruotsin rannikolla esiintyi "tappajalevää" kesällä 1988. Sen runsasta esiintymistä on selitetty muun muassa kuintaa edeltäneen ajan tavallista runsaammilla veden typpi- ja fosforipitoisuuksilla (PERSSON 1988).

Suomen pohjavesien laatu on yleensä hyvä. Pohjavesiä on likaantunut lähinnä paikallisesti. Voimaperäinen viljely ja karjatalous ovat paikoin lianneet pohjavesiä ja pintavesikaivoja. Sulamisvesien aikana haja-asutusalueilla kaivovesissä on suuria bakteeripitoisuuksia. Geologisen tutkimuskeskuksen tekemässä pohjavesikartoituksessa todettiin Suomen pohjavesien nitraattitason yleensä olevan alhainen. Erittäin voimaperäinen maatalous on nostanut myös pohjavesien nitraattipitoisuuksia (LAHERMO 1988).

2.3.1. Fosforin vaikutukset

Levien lisääntyminen vesistössä lienee yleisin ongelma ravinteiden kulkeutuessa vesistöihin. Fosforia pidetään minimiravinteena levien kasvuille. Sen lisääntyminen nopeuttaa erityisesti järvien rehevöitymistä. Teollisuudesta ja maataloudesta peräisin olevien fosforipäästöjen määrää ei voi suoraan verrata keskenään. Eri lähteistä tuleva fosfori vaikuttaa eritavalla. KAUPIN ja NIEMEN (1984) mukaan käyttökelpoisen fosforin osuus oli kevätinäytteissä keskimäärin 64 prosenttia. Syysnäytteissä käyttökelpoisen fosforin osuus oli suurempi, mutta itse fosforin määrä oli alhaisempi. Maatalouden fosforipäästöt ajoittuvat pääasiassa kevääseen ja syksyyn, jolloin levien kasvu on vähäisempää.

Maatalouden fosfori on liikkeellä tulvien aikana, jolloin sen vaikutukset ainakin joissa jäävät vähäisiksi. Lopulta ravinteet kuitenkin kulkeutuvat järven- tai merenpohjaan, josta ne saattavat sekoittua veteen ja olla jatkuvasti mukana tuotannossa. Yleensä fosforipitoisuus on korkeampi pohja- kuin pintavedessä, sillä sedimentoituva aines vie fosforia alusveteen. Levätuotannon ollessa voimakasta veden pH-taso nousee alueelle 9 - 10. Tällöin sedimentistä vapautuu fosforia ja järven fosforisisältö saattaa lyhyessä ajassa kesäaikana 2 - 3 -kertaistua (ORAVAINEN 1987).

2.3.2. Typen vaikutukset

Luonnontilaisten kirkkaiden vesien typpipitoisuus on 0,2 - 0,8 mg N/l. Peltoviljelyn kuormittamilla alueilla joki- ja ojavesien typpipitoisuudet ovat 2,0 - 4,0 mg N/l. Nitraatin loppuminen vedessä on merkki aktiivisesta levätuotannosta. Mikäli fosforia on tässä tilanteessa ylimäärin, sinilevät saattavat päästä vallalle. Ne pystyvät käyttämään veteen liuennutta kaasumaista typpeä (ORAVAINEN 1987).

Lounais-Suomen jokivesissä on ajoittain myös korkeita ammoniumtyppipitoisuuksia. Varsinkin keväällä lumien sulaessa raakaveden ammoniumpitoisuus kohoaa ja samanaikaisesti vesijohtovedessä alkaa esiintyä haju- ja makuvirheitä (ANON. 1987a).

Päinvastoin kuin fosfori vesiliukoinen typpi saattaa kulkeutua myös pohjavesiin. Ensimmäisiä tietoja alueellisista pohjavesien nitraattipitoisuuksien nousuista saatiin 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa Englannista, Saksan liittotasavalasta, Ranskasta, Alankomaista, Israelista ja Yhdysvalloista. Saastuttajina olivat maatalous, viemärilaitokset ja puunjalostusteollisuus. Karjatalousalueilla maan huokosveden typpipitoisuuksien todettiin olevan monikymmenkertaisia verrattessa lannoittamattomiin alueisiin. Lisääntyneen lannoitteiden käytön on osoitettu olevan varsinainen uhka pohjavesille varsinkin nitraatin osalta (YOUNG 1983).

Suomessa sekä maa- että kallioperän pohjavesi on yleensä laadultaan hyvää ja sellaisenaan juoma- ja talousvedeksi sopivaa. Tosin viime aikoina on todettu raakavesilähteiden nitraattipitoisuuksissa kasvua. Yleensä pohjaveden nitraattipitoisuus on alle 30 mg litrassa, mikä on suositeltu enimmäispitoisuuden raja. Sen sijaan Pohjois-Karjalan sekä Savon haja-asutusalueiden kaivovesistä on mitattu hyvinkin korkeita nitraattimääriä. Syyksi on epäilty kaivojen rakentamista karjasuojien läheisyyteen, jolloin lantavedet pääsevät lähes esteettä virtaamaan kaivoihin (LAHERMO 1988). Joissakin tapauksissa myös peltojen voimakas typpilannoitus saattaa aiheuttaa pohjavesien nitraattipitoisuuksien nousua.

Lääkintöhallituksen yleiskirjeessä n:o 1862 on annettu juomaveden suurimman sallitun enimmäispitoisuuden rajaksi nitraatin osalta 50 mg/l. Oireita esiintyy tavallisimmin, kun juomaveden nitraattipitoisuus on yli 100 mg/l. Nitraatin haittavaikutukset kohdistuvat lähinnä imeväisikäisiin lapsiin. Nit-

raatti voi pelkistyä suussa tai ruuansulatuskanavassa nitriitiksi, joka sitoutuu veren hemoglobiiniin estäen sen toiminnan (LOMMI 1987).

2.3.3. Mikrobin vaikutukset

Virukset saattavat kulkeutua satoja metrejä ja bakteeritkin kymmeniä metrejä maanpinnalla. Jokivesien mukana ne kulkeutuvat satojen kilometrien päähän saastutuslähteestään. Useat patogeenit säilyvät maassa ja vedessä hyvinkin pitkiä aikoja, kun olosuhteet ovat niille otolliset. Esimerkiksi salmonellat ja streptokokit säilyvät jokivesissä useampia viikkoja (HEINONEN-TANSKI 1988).

Pintavesissä on huomattu olevan myös pieneliöitä ja viruksia, jotka kestävät paremmin veden käsittelyä (myös desinfiointia) kuin veden hygieenisen laadun osoittamiseen käytetyt indikaattoribakteerit (HIISIVIRTA 1987). Lisäksi eräiden virusten on havaittu säilyvän infektiokykyisinä vesissä pitkän aikaa. Ne sietävät myös korkeampia klooripitoisuuksia kuin suolistobakteerit.

Aurajoen vedestä on mitattu keväällä korkeita indikaattoribakteeripitoisuuksia. Kesällä raakavedessä esiintyy runsaasti leviä, homeita ja sädesieniä. Eräiden sinilevien on todettu tuottavan myös myrkyllisiä aineita. Kuivana syksynä mikrobien aiheuttamat ongelmat jatkuvat pitkään. Syyssateet lisäävät taas veden sameutta, mikä aiheuttaa ongelmia veden käsittelyprosessissa (ANON. 1987a).

Lumien sulamisen aikana kaivovesistä on mitattu usein myös korkeita indikaattoribakteeripitoisuuksia. Väärin sijoitettu tai huonosti rakennettu kaivo sekä peltokaivojen osalta lannan talvilevitys mahdollistavat ulosteperäisten mikrobien kulkeutumisen valumavesien mukana kaivoihin. Yleisimpiä bak-

teerien ja virusten aiheuttamia sairauksia ovat erilaiset vatsataudit. Huonokuntoisella ihmisellä jo yksi virusyksilö voi aiheuttaa infektion (LAHTI 1987).

2.3.4. Torjunta-aineiden huuhtoutumisen vesistövaikutukset

Torjunta-aineiden vaikutukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Akuuttien myrkkyvaikutusten lisäksi eräät torjunta-aineet kerääntyvät vesieliöihin ja rikastuvat ravintoketjussa. Lisäksi jatkuva altistuminen alhaisille pitoisuuksille saattaa vaikuttaa vesieliöiden elintoimintoihin, yksilön kehitykseen tai käyttäytymiseen. Akuutisti myrkyllisimmät aineet kuuluvat yleensä kloorattuihin hiilivetyihin tai orgaanisiin fosforiyhdisteisiin. Lunnanvesien torjunta-ainepitoisuus nousee Suomessa vain harvoin akuutisti myrkylliseksi kaloille normaalien maa- ja metsätaloustalouden yhteydessä (REKOLAINEN 1985).

Pitkäaikainen altistuminen alhaisiinkin konsentraatioihin saattaa aiheuttaa häiriöitä eliöiden lisääntymisessä, yksilönkehityksessä, käyttäytymisessä ja vierasaineaineenvaihdunnassa. Kalojen mätä ja poikaset ovat herkimpiä torjunta-aineiden alhaisillekin konsentraatioille (REKOLAINEN 1985).

Vesieliöille erittäin vaarallisiksi kemikaaleiksi luokitellaan sellaiset aineet, joiden LC_{50} -arvo on alle 0,1 mg/l. Suomessa on myynnissä parisenkymmentä tällaista torjunta-ainetta. Yleensä niitä käytetään vähän, mutta fenitrotioni, malationi, trifluraliini, diklorfluaniidi ja isofenfosfi ovat laajemmassa käytössä (REKOLAINEN 1988).

3. TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA PELTOVILJELYN AIHEUTTAMAN KUORMITUKSEN VÄHENTÄMISEKSI

Neuvonta ja valistus ovat tärkeimmät vaikutuskeinot, joilla peltoviljelyn aiheuttamaa vesistökuormitusta voidaan vähentää. Jo hyvinkin yksinkertaisilla toimenpiteillä pystytään vähentämään eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista. Seuraavaksi esitellään yleisluonteisia ohjeita sekä yksittäisiä työmenetelmiä, joiden käyttö vähentää maataloudesta aiheutuvaa vesistökuormitusta.

Maan hyvä kasvukunto lisää kasvien kasvua ja samalla myös ravinteiden ottoa maasta. Rehevä kasvusto haihduttaa vettä ja vähentää samalla valuntaa. Vahva juuristo sitoo maata estäen eroosiota. Eläinten lannasta sekä väkilannoitteista huuhtoutuvien ravinteiden määrää pystytään pienentämään tasapainoisella ja oikeinajoitetulla lannoituksella. Myös suojavyöhykkeillä ja selkeytymisaltailla voidaan vähentää vesistöihin huuhtoutuvien ravinteiden sekä maa-aineksen määrää.

3.1. Vesistöystävällisiä viljelytoimenpiteitä

Peltojen peruskunto ja vesitalous vaikuttavat huuhtoutumiseen. Parhaiten eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista pelloilta voidaan vähentää maan vedenpidätyskyvyn ylläpidolla, toimivalla ojituksella sekä oikeilla viljelytoimenpiteillä. Kasvinvuorottelulla ja viljelytekniikkaa kehittämällä saadaan maan luontainen rakenne säilymään ja paranemaan. Maan tiivistymisen estäminen vähentää myös huuhtoutumista ja eroosiota. Lannoitettaessa on vältettävä liiallista fosfori- ja typpilannoitteiden käyttöä, sillä ylimääräiset ravinteet huuhtoutuvat helposti. Ylimääräinen typpi kulkeutuu pääasiassa salaojavesien ja fosfori erodoituneen maa-aineksen mukana vesistöihin.

3.1.1. Ojitus

Toimiva salaojitus vähentää eroosiota. Vesien virratessa salaojiin pintavalunnat ja samalla myös niiden kuljettamat aineäärät pienevät. Vesiliukoinen nitraattityppi kulkeutuu helpommin salaojavesien kuin pintavesien mukana. Salaojitus lisääkin nitraattitypen huuhtoutumista. Typpi ei kuitenkaan rehevöitä vesistöjä samassa määrin kuin fosfori. Lisäksi salaojavesien kulku on hallittua. Vedet voidaan mahdollisuuksien mukaan joko imeyttää maahan tai suodattaa.

Sarkaojapelloilta huuhtoutuu usein kiintoainetta ja siihen sitoutunutta fosforia enemmän kuin salaojitetuilta mailta. Huuhtoutumista voidaan vähentää, kun avo-ojat kaivetaan keväällä lumensulamisen jälkeen. Kesän aikana ojanreunat saavat maata sitovan kasvipeitteen. Jos ojat kaivetaan vasta syksyllä, niin eroosiolle herkkiä ojan reunoja kuormittavat sekä syyssateet että seuraavan kevään sulamisvedet. Tämä lisää ojien syöpyä ja sortumavaaraa.

3.1.2. Lannoitus

Ravinteiden huuhtoutumista maasta voidaan vähentää oikealla ja kohtuullisella lannoituksella. Suunnittelussa otetaan huomioon maaperän viljavuus ja viljelykasvin vaatimukset. Lannoitus ajoitetaan oikein ja toteutetaan järkiperaisesti sekä suunnitelmallisesti kutakin satokautta ajatellen. Viljavuusanalyysi tulee tehdä 4 - 5 vuoden välein. Tutkimuksessa selviää maan ravinnetilanne. Analyysitulosten ja viljeltävän kasvin ravinnetarpeen mukaan valitaan oikea lannoite ja lasketaan tarvittava lannoitemäärä.

Nykyään joillekin pelloille levitetään liikaa fosforia. Syynä on se, että lannoitteeksi valitaan runsaasti fosforia sisältävä Normaali Y-lannos. Runas fosforin käyttö oli tarpeellista sodan jälkeen Suomessa, kun viljelymailla oli fosforin

puutetta. Nykyään fosforin käytön vähentäminen on mahdollista noin kolmanneksella kasvinviljelyn taloudellisen tuloksen huonontumatta edellyttäen, että lannoitus mitoitetaan maan ravinnetilan ja kasvin vaatimusten mukaan (SAARELA 1988b). Karjanlantaa käytettäessä on otettava huomioon lannan suuri fosforipitoisuus.

Karjanlantaa tai puhdistamolietettä käytettäessä on tiedettävä niiden ravinnepitoisuudet, jotta tarvittava lisälannoitus pystytään laskemaan. Lietteessä saatava fosforin määrä hehtaaria kohti voidaan laskea seuraavan kaavan avulla

$$Y \text{ (kg/ha)} = \frac{M \text{ (m}^3\text{)} * K \text{ (\%)} * P \text{ (\%)}}{100 * 100}, \text{ jossa}$$

Y = lietteen mukana tuleva fosforimäärä hehtaarille (kg/ha)

M = levitetyn lietteen määrä hehtaaria kohden (m³)

K = lietteen kuiva-ainepitoisuus (%)

P = fosforin osuus lietteen kuiva-ainepitoisuudesta (%)

Fosforin muuttaminen P₂O₅:ksi tapahtuu kertomalla fosforimäärä (Y) luvulla 2,291. Tästä määrästä noin puolet on kasveille käyttökelpoista fosforia (ANON. 1976).

Kevät on paras lannoitusajankohta. Ravinteet annetaan kylvön yhteydessä, jolloin ne ovat heti kasvin saatavilla. Typpilannoitteen tai lannan levittäminen ei ole suositeltavaa syksyllä, koska suuri osa ravinteista huuhtoutuu ennen seuraavaa kasvukautta. Syysviljoja lannoitetaan vähän syksyllä ja pääosa lannoitteesta annetaan vasta keväällä, kun routa on sulanut.

Myös lannoitusmenetelmissä on parantamismahdollisuuksia. Nurmikasvit ottavat fosforia tehokkaammin lähellä maan pintaa. Näin fosforilannoitteen sijoittaminen tai syvälle multaaminen ei ole suositeltavaa. Toisaalta myös pinalannoitusta on väl-

tettävä, koska fosfori huuhtoutuu helposti pintavalumien mukana. Fosfori tulisikin antaa varastolannoituksena jo nurmen perustamisvaiheessa, jolloin fosforin pintalannoitusta ei tarvita seuraavina vuosina (SAARELA 1988a).

Maan kalkitsemisen on todettu vähentävän lannoituksen tarvetta. Kalkki vähentää maan happamuutta, jolloin pieneliöstön toiminta vilkastuu ja maan rakenne paranee. Kalkitussa maassa kasvit saavat useimmat ravinteet helpommin käyttöönsä kuin happamassa (ANON. 1987). Kalkitseminen osaltaan vähentää ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin.

3.1.3. Viljelykasvin valinta sekä viljelykierto

Viljelykasvin on todettu vaikuttavan huuhtoutuvien ravinteiden määrään. Huuhtoutumiskentillä tehtyjen kokeiden mukaan nurmi- ja sokerijuurikaspelloilta huuhtoutuu vähemmän ravinteita kuin kevätviljapelloilta (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985, GUSTAFSON 1987). Pitkän kasvukauden kasvit ottavat ravinteita vielä myöhään syksyllä. Monivuotinen nurmi sekä syysviljat käyttävät ravinteita myös aikaisin keväällä lumen sulamisen jälkeen.

Kasvinvuorottelu vähentää ravinteiden huuhtoutumista pelloilta. Vaihdettaessa viljelykasvia säännöllisin väliajoin saadaan kasvitaudit ja -tuholaiset pidettyä kurissa. Taudit ja tuholaiset heikentävät kasvin kasvua, jolloin ravinteidenotto maasta häiriintyy ja huuhtoutumisvaara kasvaa. Viljelykierto parantaa myös maan rakennetta. Varsinkin nurmenviljely on suositeltavaa.

Varhaisperuna- ja vihannesmaille, joista sato korjataan aikaisin, voidaan kylvää esimerkiksi raiheinä sadonkorjuun jälkeen. Kasvusto käyttää maassa muodostuvan nitraatin estäen sen huuhtoutumisen vesiin. Seuraavana kasvukautena ravinteet ovat taas viljelykasvin käytössä. Raeheinäkasvusto vähentää

myös eräiden sienitautien esiintymistä, sillä taudinaiheuttajat tarvitsevat runsaasti maan typpeä. Kylvetty nurmi estää tehokkaasti myös eroosiota.

3.1.4. Kesannointi

Itse kesannointitavalla on suuri merkitys ravinteiden huuhtoutumiseen. Muokattu kesanto lisää maa-aineksen ja ravinteiden huuhtoutumista pelloilta, koska maata sitova ja ravinteita käyttävä kasvillisuus puuttuu. Muokkaaminen lisää myös maan eloperäisen aineksen hajoamista, jolloin orgaaniseen ainekseen sitoutuneet ravinteet muuttuvat liukoiseen muotoon. Muokatusta kesantomaasta saattaa huuhtoutua kesän ja sitä seuraavan talven aikana 3 - 7 kertaa enemmän typpeä kuin kevätiljamaasta (JAAKKOLA 1984). Varsinkin nurmenviljelyä seuraavasta avokesannosta huuhtoutuu runsaasti nitraattityppeä (GUSTAFSON 1987).

Ravinteiden ja maan sitomiseen tarvitaan pysyvä kasvusto. Kemiallisesti käsiteltävällä kesantomaalla rikkakasvien annetaan kasvaa vapaasti, kunnes ne myrkytetään syksyllä. Maasta vapautuvat ravinteet ovat kasvien käytössä ja eroosiokin on vähäisempää kuin muokatulta kesannolta. Toisaalta kemikaalien käyttöä pelloilla on vältettävä.

Vesiensuojelun kannalta parhaimmaksi kesannointitavaksi on osoittautunut viherkesanto. Se voi olla joko yksi- tai monivuotinen. Viherkesanto on helpointa kylvää suojaviljan kanssa jo edellisenä keväänä (TURTOLA 1989). Tällöin maata ei tarvitse kyntää syksyllä eikä muokata keväällä. Tämä on tärkeää eroosion torjunnassa. Suojaviljan kanssa kylvetty nurmi myös onnistuu usein paremmin kuin keväällä kylvetty nurmi. Sopivia kasveja ovat tiheitä kasvustoja muodostavat heinäkasvit. Tärkeintä on, että maanpinta peittyy, jolloin myös eroosio estyy. Palkokasvit sopivat typensidontakykynsä takia parhaiten yksivuotiseen kesantoon.

Monivuotiselta viherkesantomaalta kasvusto tulisi korjata syksyllä. Tällöin estetään mahdollinen ravinteiden liukeneminen itse kasvipeitteestä. Niitetty kesantomaa on myös maisemansuojelun kannalta parempi vaihtoehto kuin pakettipeltoa muistuttava hoitamaton kesanto. Viherkesannon kyntämisen jälkeen maahan on välittömästi kylvettävä kasvi, joka ottaa maasta vapautuvia ravinteita.

3.1.5. Kyntäminen ja auraton viljely

Pellonpinnan muotoilulla ja peltokuvioita kehittämällä pyritään eroosion vähentämiseen. Vesistöjen ja ojien varsilla sijaitsevat vesiuomiin päin viettävät peltoalueet tulee mahdollisuuksien mukaan kytää rantaviivan tai korkeuskäyrän suuntaisesti. Tällöin kynnös hidastaa veden virtausnopeutta rinteessä ja vähentää samalla erodoituneen aineksen kulkeutumista vesistöön. Maan muokkaamista ja kyntämistä ei tule aloittaa aivan vesirajasta tai ojan varresta. Pellon reunoihin jätetään sopivan suuruinen reuna-alue, joka estää erodoituneen aineksen kulkeutumista vesistöön.

Heinäkasvien juuret sitovat runsaasti ravinteita. Juurten hajotessa suuria määriä nitraattityppeä vapautuu. Kun nurmi tai viherkesanto kynnetään syksyllä ja siihen kylvetään syysvilja, ravinteiden huuhtoutuminen on jopa vähäisempää kuin kevätiljamailta (GUSTAFSON 1987). Muutoinkin kyntö olisi tehtävä mahdollisimman myöhään syksyllä. Tällöin typen mineralisoituminen on kylmien säiden ansiosta vähäisempää ja kynnös on vähemmän aikaa syyssateiden huuhtomana. Toisaalta hyvin myöhäinen kyntö saattaa tiivistää sateiden pehmittämän maan ja huonontaa maan vedenläpäisykykyä.

Tulevaisuudessa voitaneen osa viljelymaista jättää kyntämättä. Käytettäessä suora- tai jyrsinkylvöä maan muokkaaminen jää minimiin ja eroosio vähenee. Yhdysvaltojen Virginiassa tehdyissä koeruutukokeissa eroosio ja fosforin huuhtoutuminen

olivat pienempiä käytettäessä kevyttä niin sanottua suoja-muokkausmenetelmää kuin perinteisesti muokattaessa. Tavan-omainen muokkaustapa lisäsi valumia, eroosiota sekä fosfori-huuhtoutumia yli 90 prosenttia (MOSTAGHIMI ym. 1988).

MOSTAGHIMIn ym. (1988) kokeissa myös olkikate vähensi ravin-teiden huuhtoutumista ja eroosiota. Keskimäärin 750 kg olkea hehtaarilla antoi parhaan tuloksen. Sen sijaan suuret olki-määrät lisäsivät liukoisen fosforin huuhtoutumista veteen. Ilmeisesti fosforia liukeni niin paljon, että maapartikkelit eivät pystyneet sitomaan sitä riittävän nopeasti. Suomen oloissa olkien hidas hajoaminen ja juolavehnän torjunnan vai-keutuminen ovat vähentäneet aurattoman viljelyn suosiota.

Alustavien kokeiden mukaan useita vuosia jatkunut auraton viljely lisää maan mikrobi- ja lieromääriä. Samalla myös ol-kien hajoaminen maassa nopeutuu (HAUKKA 1988). Suorakylvöme-netelmän ehkä vaikein vielä ratkaisematon kysymys on se, kuinka kyntämättömässä maassa rikkakasvien kasvu voidaan es-tää. Tämä lisää helposti torjunta-aineiden käyttöä (PUUSTINEN 1988b).

3.2. Vesiensuojelunäkökohdat lannan sekä puhdistamolietteen levityksessä

Eläinten lannassa on paljon lannoitteeksi sopivia ravinteita. Sen säilytyksessä sekä levityksessä on oltava huolellinen, jotta ravinteet eivät huuhtoutuisi vesistöihin vaan olisivat kasvien käytössä. Lietelanta ja puhdistamoliete aiheuttavat ympäristöhaittoja silloin, kun levitysaika on epäedullinen tai kun liete jätetään multaamatta. Vesihallituksen valvon-taohjeessa nro 48 (ANON. 1982) on annettu ohjeet lannan säi-lytyksestä ja levityksestä. Niitä voidaan soveltaa myös puh-distamolietteen levitykseen.

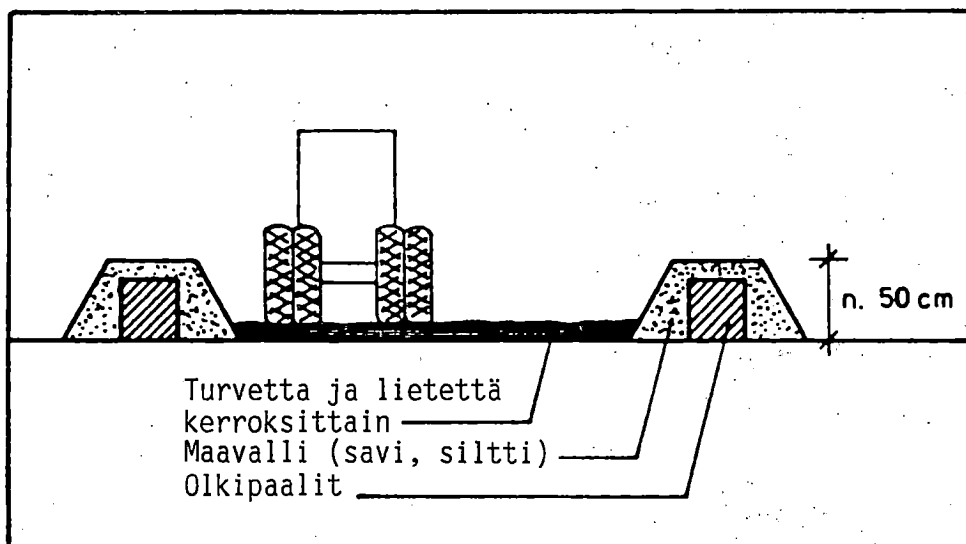
3.2.1. Levitysajankohta

Vesihallituksen valvontaohjeen nro 48 mukaan lanta on levitetävä sulaan maahan ja mullattava mahdollisimman pian levityksen jälkeen, jolloin ravinteiden huuhtoutumisvaara vähenee. Lietelannalle ja virtsalle suositellaan sijoituslevitystä. Paras lannoitusajankohta on keväällä kylvön yhteydessä, jolloin liukoiset ravinteet tulevat varsin tarkkaan käytetyiksi kasvukauden aikana. Lannan levitystä avokesannolle tai syksyllä pellolle olisi vältettävä, koska tällöin ravinnehukka sekä pinta- ja pohjavesien saastumisvaara ovat suuremmat. Varsinkin kivennäismailla lietteenlevitys saattaa lisätä pohjavesien nitraattipitoisuuksia (MELANEN ym. 1985). Routaantuneelle maalle lietteen levittäminen on haitallisinta, sillä liete valuu helposti sulamisvesien mukana pintavesiin (ANON. 1982, KEMPPAINEN 1986b).

Lanta on säilytettävä riittävän tilavissa varastoissa niin, että kaikki varastoidut jätteet on mahdollista levittää sulan maan aikana viljelyksessä oleville maille. Routakauden ylitettävänä varastoimisaikana voidaan Etelä-Suomessa pitää puolta vuotta. Vesistöjen tulvimisherkkyys, talven keskimääräinen pituus ja muut paikalliset tekijät, kuten maaston korkeussuhteet, puoltavat varastoimisajan harkinnanvaraista pidentämistä kahdeksaan kuukauteen Keski- ja Pohjois-Suomessa. Maatilahallitus määrää, että kahdeksan kuukauden varastoimisaikoja on yleensä sovellettava maatilalain mukaisessa rakentamisessa Vaasan, Seinäjoen, Jyväskylän, Mikkelin, Joensuun ja niitä pohjoisempien maatalouspiirien alueilla (ANON. 1984b).

Lannan varastointitilat on mitoitettava 12 kuukauden varastoimisaikaa silmällä pitäen vedenhankintavesistöjen valuma-alueilla. Vesihallitus määrittelee tällaiset alueet vesipiirien vesitoimistojen esityksestä. Edellä tarkoitetuilla alueilla lannan levitys lumelle tai routaantuneelle maalle on kielletty (ANON. 1982).

Jos lietesäiliö täyttyy maan ollessa roudassa, lietelanta voidaan sekoittaa turpeeseen ja varastoida maapohjalle ilman haitallisia ympäristövaikutuksia (KEMPPAINEN 1987). Vapo Oy kokeili lietteen varastoimista rahkaturpeeseen. Lietelannan ja turpeen suhteen ollessa noin 1 : 1 seosta voidaan käsitellä kuin kuivikelantaa. Turpeen suuren vedenpidätyskyvyn ansiosta varastokasoista ei juuri syntynyt valumia (KOJOLA 1987). Turve pystyy sitomaan lähes viisinkertaisesti oman painonsa vettä (PELTOLA ym. 1986). Myös ulosteperäisten bakteerien todettiin vähenevän turvelietteen varastoinnin aikana (KOJOLA 1987). Turvelantaa voidaan levittää myös syksyllä ja hätätilassa talvellakin, sillä lannan liukoinen tyyppi sitoutuu turpeeseen huuhtoutumattomaan muotoon (KEMPPAINEN 1987).



Kuva 1. Poikkileikkaus maa-altaasta, jossa liete imeytetään turpeeseen (KOJOLA YM. 1988)

Myös reaktorikompostointi sopii lannan kompostointiin. Se on jatkuva prosessi, joka muodostaa esisekoitetusta kompostiaineksesta "raakahumusta" noin viikossa. Tuote ei pala enää.

kasassa. Tämä lannankäsittelymenetelmä ei aiheuta käyttäjälle kovinkaan paljoa enempää työtä kuin perinteiset lannankäsittelymenetelmät (RANTAKANGAS ja NISKANEN 1988). Oikein käytetystä kompostilannasta ei aiheudu huomattavia ravinnehuuhtoutumia.

Mikäli lietettä tai virtsaa joudutaan levittämään routaantuneelle maalle, pellon olisi oltava tasainen ja salaojitettu. Tällaisesta levitystoimenpiteestä olisi ilmoitettava kunnan ympäristönsuojelulautakunnalle, joka ilmoittaa siitä edelleen vesi- ja ympäristöpiirin vesitoimistolle (ANON. 1982).

3.2.2. Levityspaikka ja levitysalan suuruus

Lanta on levitettävä sellaisille pelloille, mistä huuhtoutumisvaara on mahdollisimman vähäinen. Jyrkästi viettävillä mailla lannan käyttöä tulee välttää. Tarvittaessa vesistöjen rantaan sekä purojen ja valtaojien varsille jätetään suoja-
vyöhykkeet, joille lantaa ei levitetä lainkaan. Vyöhykkeen leveyteen vaikuttavat vesistön tulvimisherkkyys, vesistön suojelun tarve sekä lannan laatu ja levitystapa. Suositeltava suojavyöhykkeen leveys on 20 - 50 metriä (ANON. 1982).

Talousveden hankintaan käytettyjen kaivojen ja lähteiden ympärille on jätettävä vähintään 30 - 100 metrin levyinen suojavyöhyke käsittelemättä lannalla. Suojavyöhykkeen leveyteen vaikuttavat muun muassa maaston pinnanmuodot, maalaji ja pohjavedenpinnan korkeus. Maaperän laadun mukaan voidaan soveltaa seuraavia vähimmäisetäisyyksiä:

maalaji suojavyöhykkeen vähimmäisleveys (m)

hiekkä	100
hieta	60
hiesu	40
savi	30

Lannan levitykseen on varattava riittävän suuri peltoala. Levitysalaa arvioitaessa on lannan määrä ja pitkäaikainen lannoitusvaikutus otettava huomioon. Vesihallituksen valvontaohje nro 48 antaa seuraavat ohjeet lannan levitykseen varattavasta peltoalasta eläinyksikköä kohden:

lehmä	0,5	ha
hevonen	0,25	ha
kana	0,006	ha
emakko	0,17	ha
hieho tai lihanauta	0,25	ha
lammas	0,025	ha
lihasika	0,05	ha

Suojavyöhykkeisiin kuuluvia alueita ei lasketa levitysalaan. Lanta tulee levittää tilan kaikille pelloille vuoronperää. Sitä on levitettävä myös muille kuin tuotantorakennuksen vieressä oleville pelloille.

Ruotsissa eläinmääriä peltoalaa kohti on pienennetty. Siellä suositellaan 1,6 nautaa tai 10 lihasikaa peltohehtaaria kohden (LIDEN 1988).

Puhdistamolietettä suositellaan käytettävän samalla pellolla enintään joka viides vuosi. Lietteen kuiva-ainetta saa hehtaarille tulla viljelykäytössä enintään neljä tonnia vuodessa tai 20 tonnia hehtaarille joka viides vuosi (ANON. 1976).

3.2.3. Levitystapa

Lanta on levitettävä mahdollisimman tasaisesti sekä koko työleveydelle että ajosuuntaan. Epätasainen levitys aiheuttaa kasvun epätasaisuutta sekä lisää ravinteiden huuhtoutumisvaaraa (KEMPPAINEN 1986a).

3.3. Torjunta-aineiden huuhtoutumisen vähentäminen

Torjunta-aineiden huolellinen ja ohjeidenmukainen käyttö vähentävät torjunta-aineiden huuhtoutumisvaaraa. Torjunnassa on pyrittävä mahdollisimman paljon käyttämään biologisia ja mekaanisia torjuntamenetelmiä. Viljelykiertoa monipuolistamalla heikennetään rikkakasvien, kasvitautien sekä kasvituholaisten elinmahdollisuuksia (LUOMA 1989).

Neuvonnalla on tärkeä tehtävä torjunta-aineiden turvallisen käytön ohjaajana. Maatalouden sääpalvelun yhteydessä tiedotetaan kasvitauti- ja tuholaistilanteesta päivittäin ja annetaan ohjeita torjunnan varalle. Näin vältetään turhia "varmuuden vuoksi" torjunta-aineiden levityksiä.

Oikea-aikainen torjunta-ainekäsittely antaa parhaan torjuntatuloksen. Ruiskutus on tehtävä tyynellä säällä, jolloin levityksestä tulee tasainen. Sadesäällä ruiskuttamista on vältettävä, jottei torjunta-aine huuhtoutuisi lehdiltä sateen mukana.

Ruiskutusvälineiden kunto on tarkistettava vuosittain. Selviytysten mukaan yli 60 % ruiskuista on huonokuntoisia. Varsinkin suuttimet tukkiutuvat helposti ja tiivisteet alkavat vuotaa. Pyörrekammiosuuttimet on vaihdettava viuhkasuuttimiin. Yleensä suuttimet tulee vaihtaa joka toinen vuosi tai 200 ruiskutushehtaarin välein (LAVONEN ja LAINE 1989). Näin vältetään torjunta-aineen epätasaiselta levittymiseltä. Lisäksi saadaan parempi torjuntatuloks pienemmällä torjunta-ainemäärällä.

Monet ruiskutustekniset tekijät vaikuttavat siihen, kuinka suuri osuus torjunta-aineesta joutuu hukkaan. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan rikkakasviruiskutuksissa ainemääriä voidaan vähentää 25 - 30 prosenttia, kun ruiskutus tehdään oikea-aikaisesti, hyvissä olosuhteissa ja kunnossa olevalla,

oikein säädetyllä ruiskulla. Huonon levitystasaisuuden takia joudutaan käyttämään biologista tarvetta suurempia annoksia. Suutinten huonosta kunnosta tai puomin heilunnasta voi seurata 2 - 3 -kertaisia annoksia. Nestemäärä vaikuttaa siihen osuuteen, joka jää kasvin lehden pinnalle. Nestemäärän kasvaessa yhä suurempi suhteellinen osuus nestemäärästä valuu lehdeltä pois (LAVONEN ja LAINE 1989).

Torjunta-ainelautakunta on määrännyt rajoituksia vesieliöille myrkyllisten torjunta-aineiden käytöstä. Niitä ei saa levittää 25 metriä lähempänä vesistöä. Ruiskuttajan tulee kuitenkin tapaus tapaukselta harkita vesistövaroituksen riittävyttä. Maaston kaltevuus, kasvillisuuden laatu ja sääolosuhteet tai levitysmenetelmä vaikuttavat alueellisesti torjunta-aineiden kulkeutumiseen vesistöihin (KALLIO-MANNILA 1988).

Levityslaitteiden käsittelyn, täytön ja puhdistuksen yhteydessä on tarkoin estettävä torjunta-aineiden ja pesuvesien pääsy vesistöön tai kaivovesiin. Laimeat pesuvedet tulee ruiskuttaa kasvustoon. Ylijääneet torjunta-aineet viedään kunnan järjestämälle ongelmajätteen keräyspaikalle.

3.4. Suojavyöhykkeet valumavesien puhdistajina

Suojavyöhykkeellä tarkoitetaan yleensä pellon tai rakennetun alueen ja vesistön välistä nurmikasvillisuuden muodostamaa viherkaistaa. Vyöhykkeen pysyvä kasvillisuus suojaa ranta-alueita eroosiolta sekä ravinteiden, mikrobien ja torjunta-aineiden huuhtoutumiselta vesistöihin. Suojavyöhykkeitä tarvitaan sekä veden että ympäristön laadun parantamiseksi (AHOLA 1988).

Suojavyöhykkeet vahvistavat myös rantoja. Näin myös uomaerosio pienenee. Puiden ja pensaiden lehvästöt varjostavat uoma, jolloin vesistön umpeenkasvaminen pienenee. Jos varjos-

tus on 95 % uoman leveydestä, uoman pohjakasvit katoavat (MANDER ja URBEL 1985). Samalla happi-, lämpötila- sekä ekologiset olosuhteet paranevat vesistössä.

Suomessa käytetty yleisnimi "suojavyöhyke" ei kuvaa suojakasvillisuuden laatua. Kyseessä saattaa olla esimerkiksi kylvetty suojanurmi, luonnon kasvien muodostama jokivarsivyöhyke tai suojametsä. On myös huomattava, että "vyöhyke" on leveämpi alue kuin "kaista" (MALMI 1986). Suomen kielessä sopivin ilmaus lienee "suojakaista", sillä useimmiten 1 - 10 metriä leveät kaistat ovat riittäviä.

3.4.1. Suojavyöhyketutkimus maailmalla

Suojavyöhyketutkimusta tehdään pääasiassa Yhdysvalloissa. Koemenetelmiä on kolmenlaisia. Kokeissa tutkitaan jokirantametsiköiden ravinteidenottokykyä, vierekkäisiä valuma-alueita tai koeruutuja, joilla on erilaiset suojakaistat.

Aikaisemmin selvitettiin pääasiassa jokirantametsiköiden ravinteidenottokykyä. Myös suojametsän hävittämisen mahdollisia seurauksia on tutkittu.

Kokeita tehdään myös vierekkäisillä valuma-alueilla, jotka vastaavat toisiaan pinnanmuodon ja maankäytön osalta, mutta eroavat jokivarsikasvillisuuden osalta. Toiseen valuma-alueeseen kuuluu suojakasvustoalue, jonka kautta valumavedet kootaan. Verrannealueelta puuttuu suojakasvusto kokonaan. Vertaamalla molempien alueiden valumia ja niiden ravinnepitoisuuksia saadaan selvitettyä suoja-alueen vaikutukset.

Kolmas tapa selvittää kasvillisuusvyöhykkeen kykyä sitoa ravinteita ja estää erodoituneen aineksen kulkeutumista vesistöihin on käyttää erilaisia suojavyöhykeruutuja. Tällöin voidaan testata myös erilevyisiä vyöhykkeitä. Koejärjestelyt voidaan tehdä myös laboratoriomittakaavassa. Valumavedet ohjataan tiiviillä alustalla kasvatetun suojanurmen läpi. Alus-

tan kaltevuutta säätämällä saadaan selville suojakaistan leveysvaatimukset erilaisilla rinnekaltevuuksilla. Koetulosten perusteella tehdään tilastollisia malleja, joiden avulla voidaan ennustaa keskimääräinen viljelymaan eroosio.

3.4.1.1. Suojametsäkokeet

COOPER ym. (1987) tutkivat Pohjois-Karoliinassa fosforin sedimentoitumista viimeisten 20 - 25 vuoden aikana. Sedimentin kokonaisfosforipitoisuus oli korkeampi jokiuoman läheisyydessä kuin pelloilla, joista sedimentti oli lähtöisin. Metsämaa sitoi suuren osan pelloilta huuhtoutuneesta fosforista. Fosfori pidättyi lähinnä sedimentin pintaosaan.

LOWRANCE ym. (1983) selvittivät Yhdysvaltojen kaakkoisosien metsien ravinteiden pidätyskykyä. Metsäalueet ja varsinkin niiden puut sitovat runsaasti typpeä ja fosforia. Niin sanottu hardwood-metsä saattaa sitoa 68 % typestä ja 30 % fosforista. Osittaisen metsän raivaamisen arveltiin lisäävän ekosistön nitraatti- ja ammoniumtyppikuormaa 800 prosentilla.

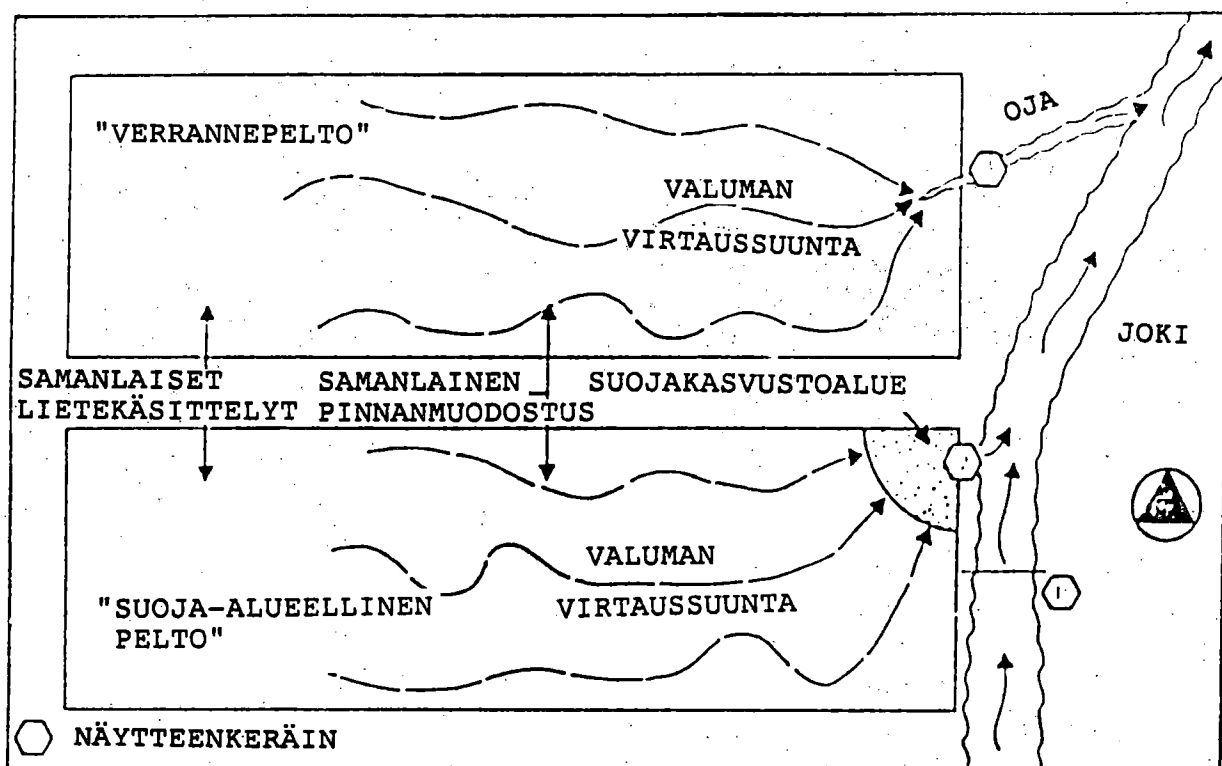
Jokivarsien valumavedet sisältävät pääasiassa orgaanista typpeä, kun peltovesissä on hyvin paljon epäorgaanista typpeä. Suojametsä varastoi nitraattityppeä ja samalla tapahtuu myös denitrifikaatiota eli nitraattitypestä muodostuu mikrobitoinnin tuloksena typpioksidia ja -dioksidia sekä typpikaasua (LOWRANCE ym. 1984a, b ja c).

Eestissä on todettu tehokkaimmiksi pohja- ja pintavesien puhdistajiksi pajupensaat ja harmaaleppä. Pensasalue vähentää valumavesistä orgaanisen typen määrää 15 %, fosfaattifosforin 14 % ja biologista hapenkulutusta 12 % metriä kohti 10 ensimmäisellä metrillä. Hehtaarin kokoinen pajua kasvava luonnonniitty pystyy sitomaan 230 kg epäorgaanista typpeä ja 70 kg fosfaattifosforia kasvukauden aikana. Harmaaleppäniittyt pystyvät käyttämään kolmasosan ja viljellyt niitty viidesosan

pajua kasvavan niityn sitomista ravinnemääristä. Keväällä puhdistusteho on yleensä 10 - 30 kertaa alhaisempi kuin ke-sällä ja syksyllä (URBEL ja MANDER 1985, PÄTS 1985).

3.4.1.2. Rinnakkaiset valuma-alueet

AULL ym. (1980) tutkivat kahta vierekkäistä ja toisiaan muis-tuttavaa maissinviljelyalaa. Pellot olivat 10 hehtaarin ko-koisia ja lisäksi toisessa oli 20 aarin suojakasvillisuus-alue. Maiden keskimääräinen kaltevuus oli 1,8 %. Pellolle ajettiin sikalalietettä 45 tonnia hehtaarille. Pintavalumista mitattiin pääravinnepitoisuudet sekä kemiallinen ja biologi-nen hapenkulutus.



Kuva 2. AULLin ym. (1980) suorittamat koejärjestelyt kahdel-la rinnakkaisella valuma-alueella, joista toisen pur-kauskohtaan on perustettu erillinen suojakasvusto-alue.

Pellot lisäsivät kiintoaineen ja ravinteiden määriä sekä hapenkulutusta noin 13 prosentilla. Suojakasvillisuusalueen läpi johdettujen valumavesien kuormitus oli 20 % pienempi kuin kontrollipellon aiheuttama vesikuormitus. Vesistöön huuhtoutuvien ravinteiden määrä olisi lisääntynyt vain 9 %, jos molempien peltujen vedet olisi johdettu suojakasvustoalueen kautta vesistöön (AULL ym. 1980).

Suojakasvustoalue vähensi tilastollisesti merkitsevästi valumavesien nitraattityypen, kokonaistypen ja fosfaattifosforin määriä sekä kemiallista ja biologista hapenkulutusta. Valumien ravinnemäärät (kg/ha) kontrolli- ja suojakasvustoalueilla sekä suojakasvustoalueen avulla saavutetut ravinteiden prosentuaaliset vähenemät on esitetty seuraavassa taulukossa (AULL ym. 1980).

Taulukko 3. Verranne- ja suojakasvustoalueilta huuhtoutuneiden ravinteiden määrät (kg/ha) sekä suojakasvustoalueeseen pidäytyneiden ravinteiden osuus (%).

Ravinne	Valunnan ravinnemäärät (kg/ha)		Prosentuaalinen alenema (%)
	Verranne- alue	Suoja- kasvustoalue	
Typpi	16,4	7,81	52,4
Fosfori	1,05	0,80	23,8
Kiintoaine	321	240	25,2
BOD ₅	5,77	4,30	25,5
COD	36,6	24,3	33,6
Keskiarvo			32,1

3.4.1.3. Koeruuduilla tehdyt suojakaistakokeet

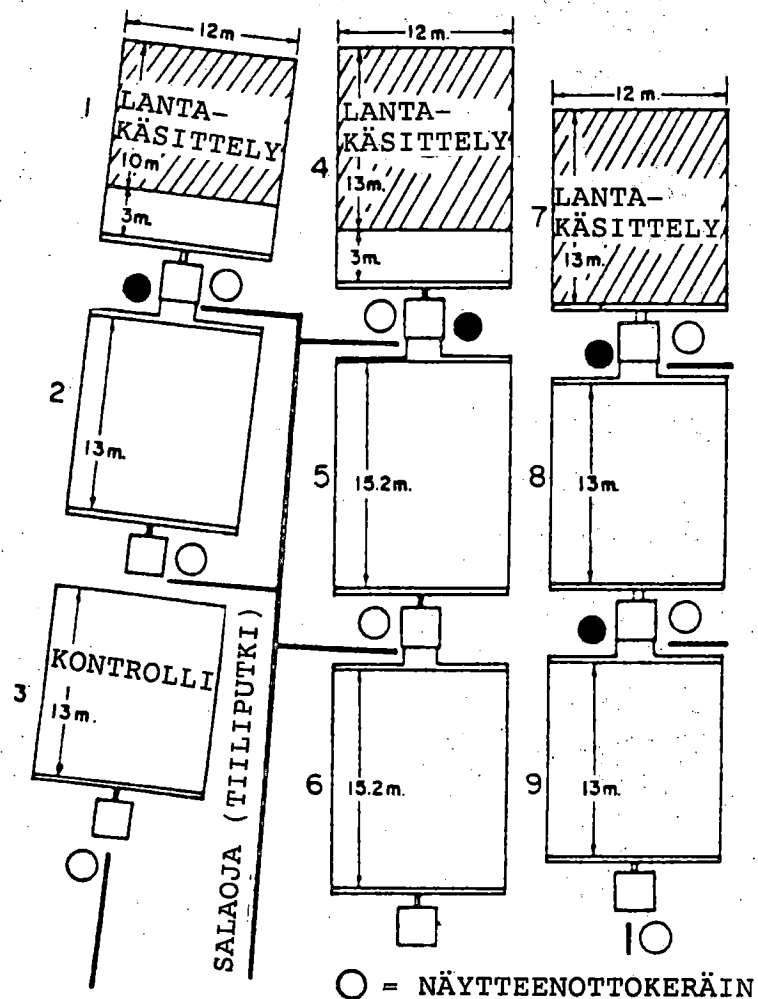
Suojakaistatutkimuksissa pellolta tai ylempää rinteestä tulevaa kuormitusta on lisättävä, jotta taustakuormituksen erot eivät vaikuttaisi tuloksiin. Useimmissa kasvillisuuden suodatustehoa käsittelevissä tutkimuksissa vesipitoista lantaa on levitetty suojakaistan yläpuolelle. Näissä tutkimuksissa suojakaistan tarkoituksena on alentaa pistemäisestä kuormituslähteestä tuleva valuma tausta-arvojen tasalle. Tällaiset koejärjestelyt helpottavat kasvillisuuden suodatustehon selvittämistä, mutta niissä käytetyt kuormituslähteet eivät vastaa hajakuormitusta (MALMI 1986).

DOYLE ja STANTON (1977) tutkivat suojanurmikon ja -metsän leveyden vaikutusta karjanlannan sisältämien ravinteiden pidentymiseen. Rinnekaltevuus oli pellolla 4 %, nurmikaistalla 10 % ja metsäkaistalla 35 - 40 %. Noin aarin suuruiselle alueelle levitettiin tuoretta karjanlantaa (90 t/ha). Neljä metriä leveät nurmi- ja puukaistat olivat yhtä tehokkaita veden laadun parantajia. Fosforista pidentyi yli 60 prosenttia suodatinkaistaan.

YOUNG ym. (1980) kokeilivat suojakasvillisuuden vaikutuksia 300-päisestä mulliaitauksesta tuleviin valumavesiin. Suojakaistoilla kasvoi maissia, durraa, koiranheinää tai kauraa. Kaistat olivat 30 metriä leveitä. Maissivyöhyke vähensi pintavalumien kiintoainepitoisuuksia 86 %, durravyöhyke 82 %, kauravyöhyke 75 % ja koiranheinävyöhyke 66 %.

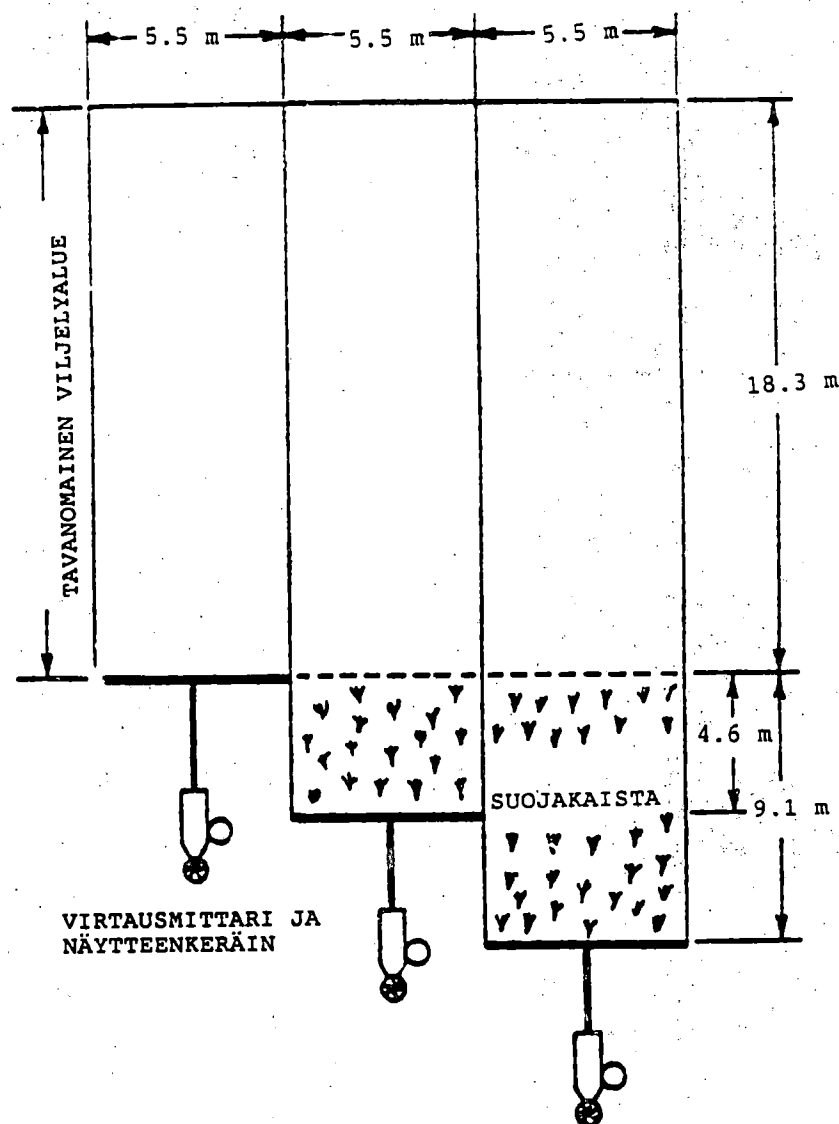
Maissin hyvään kiintoaineen pidätyskykyyn saattoi vaikuttaa maissin istuttaminen vaakasuoriin riveihin rinteeseen. Valumavesien virtaus hidastui ja erodoitunut aines ehti paremmin laskeutua. Suojavyöhykkeet vähensivät myös indikaattoribakteerien määrää noin 70 prosenttia. Noin 36 metriä leveät suojavyöhykkeet vähensivät riittävästi valumavesien ravinne- ja bakteeripitoisuuksia.

BINGHAM ym. (1980) kokeilivat ruuhokaistan leveyden vaikutusta pintavaluman vedenlaatuun. Rinteen kaltevuus oli 6 - 8 prosenttia. Koealueelle levitettiin kananlantaa aina sateen alkaessa. Valumavedet koottiin eri etäisyyksiltä lannan levitysalueesta (kuva 3). Tutkijoiden mukaan veden ravinnepitoisuudet pienenevät, kun suojakaistan ja levitysalueen pituuk-sien suhde oli 0,5 - 0,75. Mitatut parametrit saavuttivat taustatason suhteen ollessa yksi.



Kuva 3. BINGHAMin ym. (1980) käyttämä koejärjestely. Ylinnä lannan levitysalueet, joista valunta ohjataan alapuolella oleviin nurmikaistoihin. Valumanäytteet kootaan eri etäisyyksiltä levitysalueesta. Lanta-vesien pääsy kontrollialueelle on estetty ojilla.

DILLAHA ym. (1985) tutkivat ruuhokaistan kykyä pidättää maa-ainesta ja ravinteita. Kokeessa oli kolme eri rinnekaltevuutta: 11, 16 ja 5 prosenttia. Viiden prosentin rinnettä lukuunottamatta rinteet olivat tasaisen kaltevia. Loivimman rinteeseen aaltoilu oli niin suurta, että sivurinteiden kaltevuus oli paikoin nelisen prosenttia. Koealueille ajettiin joko 7,5 tai 15 tonnia lantaa. Kokeita sadetettiin kolme kertaa (50 mm/h). Ensimmäinen sadetus kesti tunnin. Vuorokauden kuluttua kokeita sadetettiin 30 minuuttia ja puolen tunnin kuluttua vielä 30 minuuttia (kuva 4).



Kuva 4. DILLAHAN ym. (1985) nurmikaistatutkimuksen koejärjestely. Kaistojen leveydet ovat 0,0 m, 4,6 m ja 9,1 metriä. Nurmi on leikattu 10 cm:n pituiseksi.

3.4.2. Suojavyöhyketutkimuksen tarkastelua

Edellä esitetyt suojavyöhykekokeet on tehty varsin poikkeuksellisissa olosuhteissa. Kokeita sadetettiin erittäin runsaasti. Sadetus vastasi kerran parissa vuodessa esiintyvää rankkasadetta. Yleensä koepaikoille levitettiin lietelantaa ennen sadetusta. Kokeissa testattiin lähinnä suojavyöhykkeen kykyä pidättää maa-ainesta ja ravinteita poikkeuksellisissa olosuhteissa. Suojakaistojen tarkoituksena oli alentaa piste-mäisestä kuormituslähteestä tuleva valuma tausta-arvojen tasolle. Näistä tutkimuksista ei selviä suojakaistan kyky vähentää peltoviljelystä aiheutuvaa hajakuormitusta.

Tutkimuksissa todettiin monivuotisen suojakasvillisuuden parantavan veden laatua jossain määrin. Suojakasvillisuus vähensi eroosiota, hidasti pintavalumaa, pienensi mikrobimäärää sekä pidätti ravinteita. Kasvillisuus toimi väliaikaisvarastona, joka ylläpiti ravinnekiertoa ja vähensi kuormitusta etenkin kasvukauden aikana. Osa ravinteista sitoutui pensai-siin ja puihin (MALMI 1986).

DILLAHA ym. (1985) totesivat maa-ainespitoisuuden pienevän valumavesissä tasaisen jyrkillä rinteillä. Kumpuilevilla rinteillä suojavyöhykkeen kyky pidättää ravinteita ja estää eroosiota heikkeni hyvin suuren ja epätasaisen valunnan synnyttäessä pintanoroja. Kasvillisuus ei pystynyt hidastamaan veden virtausnopeutta ja pidättämään ravinteita. Pahimmassa tapauksessa kasvillisuus saattoi hautautua sedimentin alle. Fosforin pidähtyminen oli heikompaa kuin sedimentin. Fosfori oli ilmeisesti liukoisessa muodossa tai sitoutuneena pieniin hitaasti sedimentoituviin maa- ja lantapartikkeleihin.

Fosfori sitoutuu nimenomaan pieniin maahiukkasiin, jotka ovat alttiita eroosiolle (KAUPPI 1985). Toisaalta liikkeelle lähtenyt kevyt hiukkanen sedimentoituu vasta, kun veden virtausnopeus on tarpeeksi pieni. Kapea suojakaista saattaa yksinään

olla riittämätön estämään fosforin joutumista vesistöön (DILLAHA ym. 1985). Suurten pintavalumien alueilla ja eroosioherkillä hienoilla maalajeilla tarvitaan useita erilaisia eroosion estomenetelmiä. Oikeilla viljelytoimenpiteillä voidaan vähentää eroosiota ja pintavalumien muodostumista. Pienemmästä virtaamasta suojavyöhyke sitoo tehokkaammin kiintoainesta ja ravinteita.

Myös itse suojakasvillisuudesta saattaa mobilisoitua liukoista fosforia (DILLAHA ym. 1985). Tätä voidaan vähentää leikkaamalla heinäkasvit kerran pari kasvukauden aikana. Leikkujätteet tulee korjata kaistalta pois.

On muistettava, että edellä esitettyjen kokeiden ilmasto sekä maasto-olot poikkeavat huomattavasti Suomen olosuhteista. Yhdysvalloissa ongelmia aiheuttavat äkilliset suuret sadekuurot. Suomessa kevään lumiensulamisedet sekä syyssateet ja niiden mukanaan kuljettamat suuret ravinne- ja maa-ainesmäärät ovat ongelmallisia. Kesän ukkossateet aiheuttavat harvemmin suuria huuhtoumia. Talvella pintavalumia ei yleensä esiinny.

3.4.3. Suojavyöhyketutkimus Suomessa

Suojavyöhykkeiden optimileveyttä ei ole tutkittu vielä Suomessa. Ulkomailla saatuja koetuloksia ei voida suoraan soveltaa Suomen oloihin. Yleispätevät sekä yksityiskohtaiset suositukset suojakaistan leveydestä puuttuvat. Jyrkille jokitorille ja tulva-alueille tarvitaan leveämmät vyöhykkeet. Tasaaisilla mailla pikkupurojen ja valtaojien varsille riittää kapeakin suojakaista (AHOLA 1988).

Erilaisten ilmasto-olosuhteiden sekä viljelymenetelmien takia tulisi Suomessa tutkia suojavyöhykkeitä. Kokeiluluontoista tutkimusta onkin jo meneillään Vantaanjoen alueella. Myös perusteellisempaa vertailevaa tutkimusta tarvitaan. Tutkimustulosten saaminen kestää ainakin muutaman vuoden kokeen

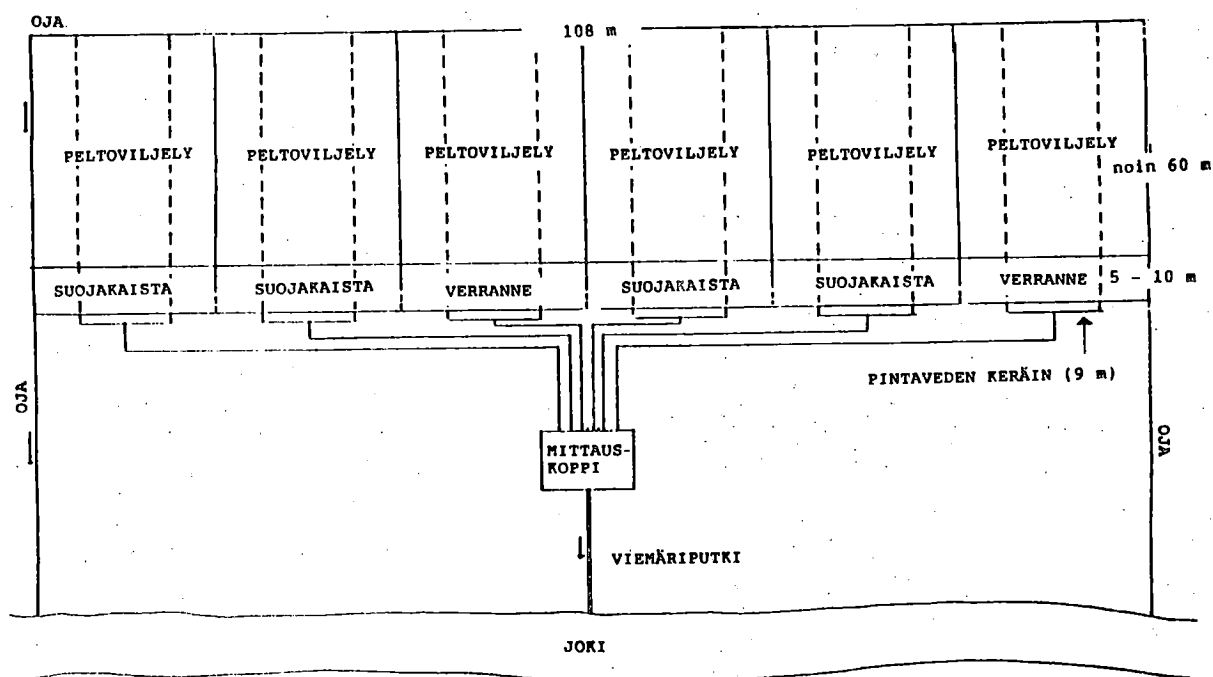
aloittamisesta. Jo ennen tarkkoja koetuloksia tulisi perustaa suojakaistoja erityisen eroosioherkille alueille. Tulva-alueilla viljanviljely tulisi lopettaa ja kylvää pellot nurmelle.

3.4.3.1. Vantaanjoen suojavyöhykeseelvitys

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen aloittaman suojavyöhykeprojektin tavoitteena on antaa suosituksia ja käynnistää suojavyöhykkeiden järjestäminen Vantaanjoen vesistöalueen kunnissa. Vantaanjoen suojavyöhykeseelvitys on lähinnä kokeiluluontoinen. Selvityksessä etsitään ongelmaluomat, jonne suojavyöhykkeet olisi järjestettävä, sekä laaditaan ehdotus suojavyöhykkeiden seurannan ja hoidon järjestämiseksi (AHOLA 1988).

3.4.3.2. Maatalouden tutkimuskeskuksessa aloitettava suojakaistatutkimus

Maatalouden tutkimuskeskuksessa aloitetaan suojavyöhyketutkimus 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa. Suojakaistat perustetaan hiesusavialueelle. Vuonna 1990 on tarkoitus aloittaa varsinainen tutkimus. Kokeeseen otetaan kaksi erilaista suojakaistaa: kylvetty nurmikaista sekä tavallinen rantakasvilisuuskaista, jossa kasvaa luonnonheiniä, yrttejä sekä pajuja ja lehtipuita. Kokeessa seurataan nurmi- ja rantakasvikaistojen kykyä estää ravinteiden sekä erodoituneen maa-aineksen kulkeutuminen vesistöihin. Kokeessa on verrannepelto, josta puuttuu suojakaista. Peltoviljelystä aiheutuva kuormitus lasketaan verrannepellon tuloksista. Kokeessa on kaksi kerranetta. Kaikkiaan koeruutuja on kuusi (kuva 5).



Kuva 5. MTTK:ssa aloitettavan suojakaistatutkimuksen koe-suunnitelma.

3.4.4. Aurajoen suojavyöhyke-esitys

Aurajoen varteen on suunniteltu suojavyöhykkeitä vähentämään erodoituneen aineksen kulkeutumista pelloilta jokiveteen. Aurajokityöryhmän mietinnössä (ANON. 1987a) on ehdotettu kah-
ta toisistaan poikkeavaa suojavyöhykettä (A+B), joiden mää-
rittely on tehty maaperäolojen ja maaston kaltevuuden perus-
teella. Vyöhykkeiden (A+B) leveys uomasta on yhteensä
150 - 200 metriä.

Vyöhykkeeseen A kuuluvat jyrkät rinnepellot (kaltevuus 10 %
tai enemmän) sekä helposti erodoituva maaperä. Vyöhykkeen
leveys on 50 - 100 metriä vesiuomasta mitattuna. Vyöhyke A on
jokiuoman lähisuoja-aluetta, joka rauhoitetaan viljelytoimin-
nalta ja maaperän muotoa muuttavilta toimenpiteiltä. Jyrkille
jokitörmille istutetaan pensaita ja puita.

Vyöhyke B on jokiuoman kaukosuoja-alue. Sen leveys on 100 - 150 metriä. Vyöhykkeen tarkoituksena on estää lannoitteiden käyttö vesiuoman lähistöllä olevilla pelloilla. Muita rajoituksia maanviljelylle ei ole tällä vyöhykkeellä.

3.4.5. Neuvostoliiton suojavyöhykekokeilu

Neuvostoliitossa on aloitettu suurisuuntainen hoito- ja suojeluprojekti jokien saastumisen lisääntyessä. Ohjelmassa ovat mukana joet, joiden pääuoman pituus on yli 200 km tai valuma-alueen koko on yli 2000 km². Uoman varrelle jätetään laaja suojavyöhyke estämään maataloudesta tulevien ravinteiden pääsyä vesistöön. Jokea reunustava suoja-alue jaetaan I ja II vyöhykkeisiin.

I vyöhyke on noin 50 m leveä. Se reunustaa myös vähintään 10 km:n pituisia puroja. Pienimpien uomien varsilla vyöhykkeen leveys on vain 15 - 20 m. Eläinten laiduntaminen, maan muokkaaminen, puutarhaviljely, lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttäminen sekä uudis- että maanparannusrakentaminen ovat kiellettyjä tällä alueella. Myös uoman ja luhtaniittyjen perkaaminen sekä maatilojen ja painerehusäiliöiden rakentaminen on kielletty. Yleensä suojavyöhyke on nurmea, mutta eroosioalttiille rinteille istutetaan puita ja pensaita.

II vyöhyke on 200 - 300 metriä uomasta metsäalueilla ja 500 metriä viljelymailla. Lohenpyyntijoissa se ulottuu aina 2 km päähän uomasta. Lannoitteiden lentolevitys ja suurten eläin-yksiköiden perustaminen on kielletty II vyöhykkeellä (MAN-SIKKANIEMI 1983b).

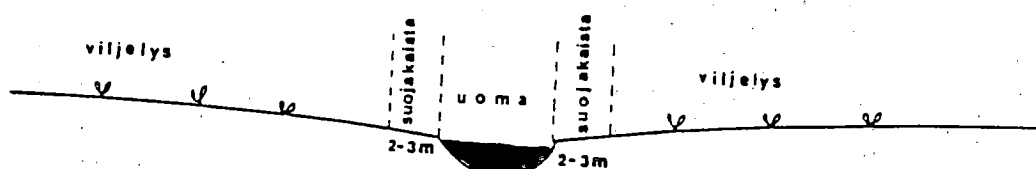
Eestissä suojavyöhykkeitä perustetaan jokiuomille, joiden valuma-alue on yli 25 km². Usein myös pienempien kanavien rannoille perustetaan suojavyöhykkeet. Myös yli hehtaarin

kokoisille järville ja tekojärville erotetaan suoja-alueet. Suojavyöhykkeen leveys vaihtelee 200:sta 1300:aan metriin (URBEL ja MANDER 1985).

3.4.6. Ehdotuksia suojakaistan ja -vyöhykkeen leveydestä

Suojavyöhykkeen tarkoituksenmukaisuus on tärkeää - ei niinkään metrilukemat. Vyöhykkeen leveyteen vaikuttavat muun muassa rinteiden jyrkkyys, maalaji ja eroosioherkkyys. Myös viljelyn voimaperäisyys, peltoalueen valuntaolot sekä valunnan määrä vaikuttavat kaistan leveyteen. Alla on esitelty joitakin ehdotuksia kaistaleveyksistä (PUUSTINEN 1988a) (kuvat 6 - 9).

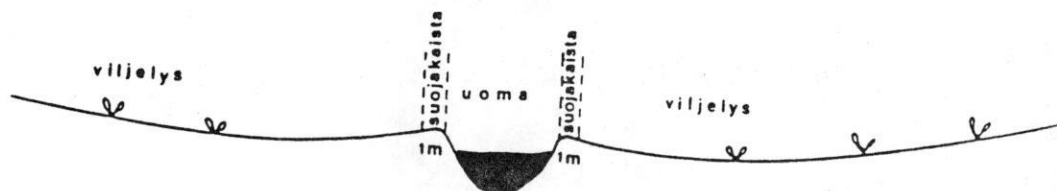
Tasaisillakin alueilla tulee estää viljelytoimenpiteet aivan vesirajaan asti. 1 - 3 metrin levyiset kaistat ovat tähän sopivia. Tarkoituksena on vähentää maan mekaaninen kulkeutuminen ojiin ja vesistöihin muokkauksen yhteydessä. Kapeat nurmikaistat pidättävät jonkin verran kiintoainesta ja fosforia. Sen sijaan typen pidätyminen on vähäisempää.



Pari metriä leveät suojakaistat ovat riittäviä, kun

- rinnepellot ovat loivia ja tasaisia
- pintavalunnat ovat vähäisiä

Kuva 6. Suojakaistan käyttö normaaleissa viljelyolosuhteissa (PUUSTINEN 1988a).



Noin metrin levyiset suojakaistat ovat riittäviä, kun

- ruoppamaat on jätetty uoman reunoille valliksi

(luonnostaan valmis suojakaista)

- pintavalunnat ovat vähäisiä

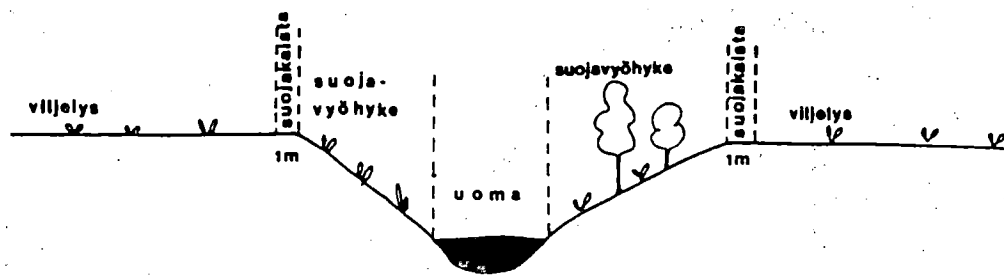
Valleja voidaan tarvittaessa rakentaa tai kohentaa.

Tehokkaalla salaojituksella estetään pintavesien kerääntymisen vallin taakse.

Kuva 7. Suojakaistan sovellutus pellon pinnanmuotojen mukaan
(PUUSTINEN 1988a).

Kymmenen metriä leveät kaistat soveltuvat jyrkemmillle rantapelloille. Ne mahdollistavat jo pensaiden ja puiden istutuksen. Tiheä monikerroksellinen kasvillisuus pidättää tehokkaasti kiintoainesta ja fosforia. Myös typen pidättyminen on melko runsasta.

20 - 30 metriä leveät suojavyöhykkeet ovat mittavia suoja-alueita. Tiheä monimuotoinen puusto ja pensasto pidättävät tehokkaasti kiintoainesta sekä ravinteita. Tällaisille alueille on mahdollista sijoittaa muun muassa pyörä- ja kävelyteitä.



Varsinaisia suojavyöhykkeitä tarvitaan, kun

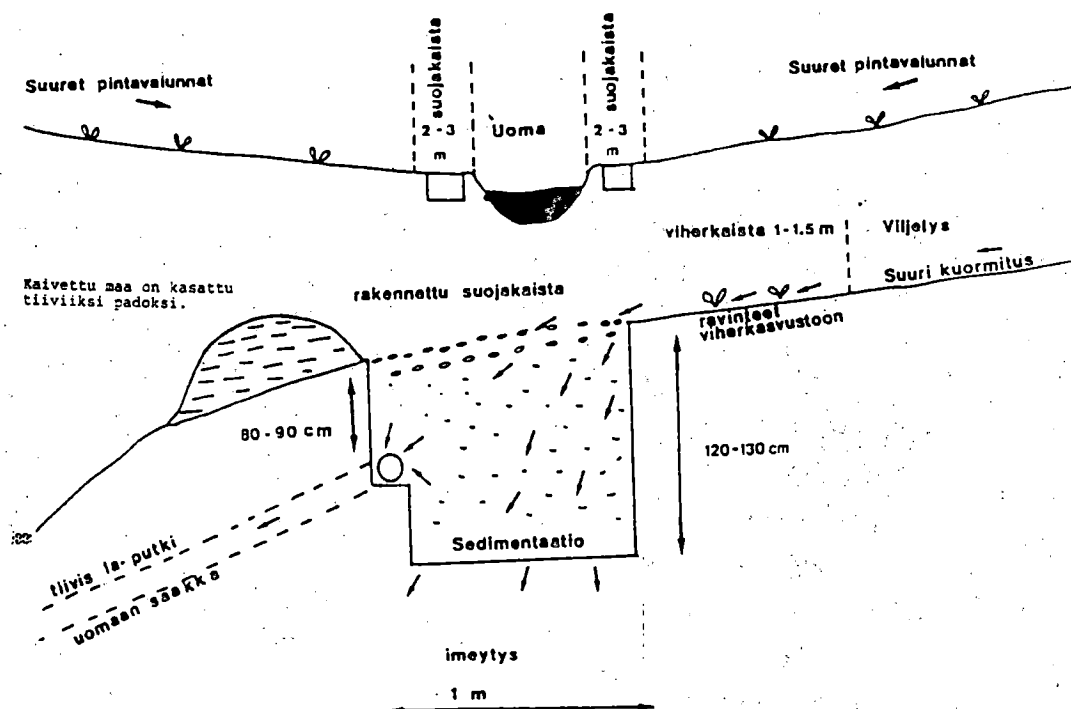
- pellon rinnekaltevuus on suuri
- peltoa ei voida kyntää rinteen poikkisuuntaisesti, esim. kyntöviilu ei enää käänny
- pellolla on suuri vesistökuormitus

Myös peltokuvioden oikaisussa rantaan jäävät kapeat ulokkeet tulee jättää suojavyöhykkeiksi.

Kuva 8. Suojavyöhykkeiden käyttö peltoviljelyssä (PUUSTINEN 1988a).

Sadan metrin levyiset vyöhykkeet koostuvat varsinaisesta suojavyöhykkeestä ja esimerkiksi rajoitettujen toimenpiteiden vyöhykkeestä. Tällaista aluetta voidaan käyttää myös viheralueena. Aurajokityöryhmän mietinnössä on esitetty tällaisen vyöhykkeen perustamista Aurajoen varrelle. Tällaisia suuria jokivarsien suojelualueita on suunniteltu myös Neuvostoliitossa.

Kapeilla viiden metrin levyisillä suojakaistoilla yhdessä 200 metrin levyisten suoja-alueiden kanssa pystytään turvaamaan pinta- ja maavesien riittävä puhtaus. Kevätolosuhteissa 70 metriä leveät metsä- ja pensasvyöhykkeet samoin kuin 430 metriä leveät niityt ovat riittäviä (URBEL ja MANDER 1985). Liettuan SNT:ssa suositeltu suojavyöhykkeen leveys on 3 - 70 metriä (VOROJEV 1985).



Erikoissuojavyöhykettä ehdotetaan, kun

- valuma-alue on leveä ja maalaji on helposti erodoituvaa
- pintavalunnat ovat suuret
- rinteet ovat jyrkkiä tai
- harjoitetaan voimakasta, yksipuolista viljanviljelyä

Kuva 9. Erikoisratkaisu voimakkaasti erodoituvilla peltoalueilla. Vedet virtaavat pellolta ensin 1 - 1,5 metrin levyiselle viherkaistalle, johon ravinteet sitoutuvat. Sen jälkeen vedet johdetaan rakennetulle suojakaistalle, joka on pääasiassa soraa. Maa-aines jää sorakerrokseen ja suotautunut vesi johdetaan tiivistä putkea pitkin uomaan (PUUSTINEN 1988a).

3.4.7. Suojavyöhykkeen perustaminen

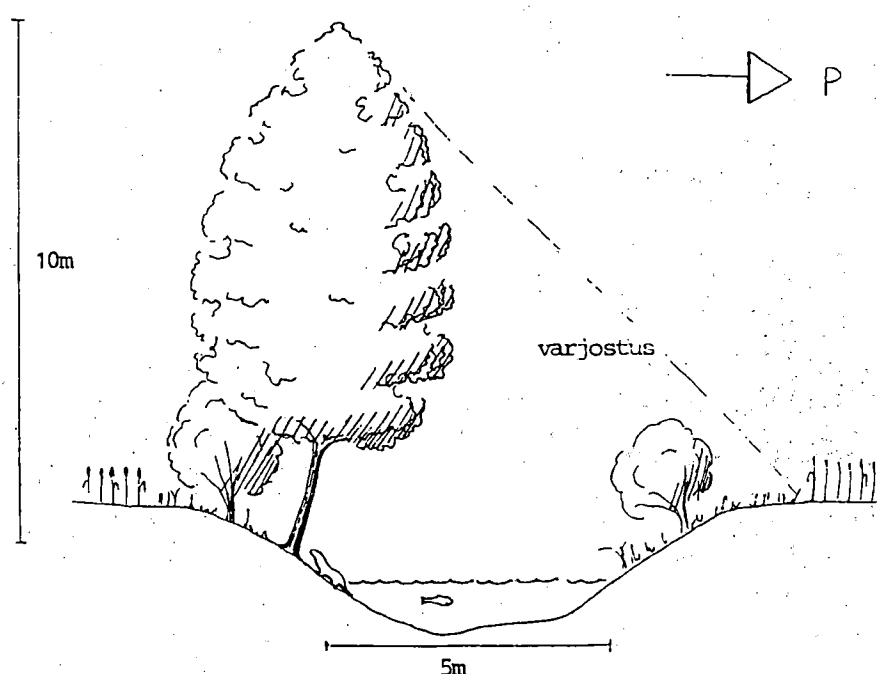
Suojametsät on todettu tehokkaimmiksi ravinteiden pidättäjiksi. Monikerroksellisen kasvillisuuden ansiosta metsä saattaa pidättää 80 - 90 prosenttia pintavalumissa kulkeutuvista ravinteista. Rantoja tulee metsittää alkuperäisillä puulajeilla kuten harmaalepällä, haavalla ja pihlajalla. Parhaiten vedenkorkeuden vaihteluihin ovat sopeutuneet koivu, tervaleppä ja pajut. Kaikkia jokirantoja ei suinkaan tule metsittää. Avonaisia nurmivyöhykkeitä tulee jättää maisemallisten näkökoh-
tien takia (RANTA 1988, ANON. 1972).

Tiheä puusto ja pensaikko suojaavat ojia ja puroja liialta valolta ja vähentävät täten levätuotantoa. Ne ovat myös kalojen suojapaikkoja. Rantaviivan lehtipuut tekevät maiseman vehmaammaksi ja värisävyiltään vuodenaikojen mukaan vaihtelevaksi. Toispuolisista valo- ja tuulisuhteista johtuen rantapuusto on vedelle päin pyöreänmuotoista ja tiivistä, maallepään oksatonta ja harvaa (ANON. 1972).

Jokirantojen kasvillisuus on valittava huolella. Paras vesien puhdistustulos saadaan, kun monikerroksellinen kasvillisuus peittää rantoja. Nykyisin jokirannoilla on vain muutamia hyvin yleisiä lajeja kuten nokkosta, koiranputkea, vuohenputkea ja mesiangervoa. Tällaiset viidakot tukahduttavat alleen muun kasvillisuuden. Kasviyksilöiden välissä paljaana oleva maa ei estä ravinteiden ja maa-aineksen kulkeutumista jokeen yhtä hyvin kuin luonnollinen monikerroksinen kasvillisuus. Tällaisissa tapauksissa kasvuston niittäminen saattaa rikastuttaa lajistoa ja tehdä tilaa monipuolisemmalle ja värikkäämmälle ketolajistolle, jota jokivarsissa on enää harvoin (RANTA 1988).

Suojakasvillisuutta istutettaessa tulee ottaa huomioon ilman-
suunnan vaikutukset. Pensaat ja puut istutetaan etelärannalle, jolloin ne varjostavat vettä mutta eivät viljelymaita.

Uoman ulkokaarteisiin istutetaan korkeita puita, joiden juuret sitovat maata estäen virtausta viemästä jokitörmää mukanaan. Parhaimpia puulajeja ovat harmaa- ja tervaleppä sekä eräät pajut, joilla on vesijuuret. Puut istutetaan luiskan yläosaan ja pensaat uoman läheisyyteen. Puita ei tule istuttaa veteen, jossa ne saattavat aiheuttaa veteen pyörteitä ja uoman syöpmistä. Pensaat sen sijaan hidastavat veden virtausnopeutta ja varjostavat uomaa (JORMOLA 1988).



Kuva 10. Suojavyöhykkeen istutuskaavio (JORMOLA 1988).

Kiiltopaju, kapealehtinen paju ja pohjanpaju ovat helposti lisättäviä kosteiden paikkojen pajuja (HOSIAISLUOMA 1986). Tarkemmin luiskien viherrakentamiseen sopivia kasveja ja istutustapoja on esitelty vesihallituksen monisteessa "Luonnonmukaiset luiskavahvisteet maa- ja vesirakenteissa" (ANON. 1984a). Paras suojavyöhykkeen perustamisajankohta on toukokuun alusta kesäkuun puoliväliin sekä elokuun alusta syyskuun loppuun.

3.4.8. Suojavyöhykkeiden hyötykäyttö

Suojavyöhykkeet voivat olla paitsi tuholaisten, myös niiden luontaisten vihollisten lisääntymispaikkoja. Oikeilla kasvi-valinnoilla voidaan vähentää tuholaistorjunta-aineiden käyt-tötarvetta rantapelloilla. Kenttäkerrokseen suositeltavia kasveja ovat erilaiset runsaasti siitepölyä ja mettä tuotta-vat kasvit, kuten sarjakukkaiset koiranputki, väinönputki, anis ja fenkoli sekä muun muassa valkoapila, kamomillasaunio ja päivänkakkara. Heinistä sopivin lienee nurmirölli. Pihlaja ja eri pajulajit sopivat pensas- ja puukerrokseen (HOKKANEN 1988).

Kaikki kasvit eivät ole sopivia suojakaistalle, esimerkiksi juolavehnää ja tuomea tulee välttää. Juolavehnässä viihtyvät viljojen virustaudit ja tuomi puolestaan on tuomikirvan talvehtimis- ja lisääntymispaikka. Lisäksi vihannesviljeli-jöiden tulee välttää kuusia suojavyöhykkeillä (HOKKANEN 1988).

Suojavyöhykkeen ei tarvitse olla viljelijälle hyödytön alue. Sillä voi olla myös taloudellista käyttöä. Suurimmat puut sopivat esimerkiksi polttopuiksi. Suojakaistalla voidaan kas-vattaa myös jalopuita tai energiapajua. Puustoa pitää harven-taa 5 - 6 vuoden välein (MANDER ja URBEL 1985). Harvennushak-kuissa on varottava maan pinnan rikkoontumista eroosion vält-tämiseksi. Koko puustoa ei saa hävittää yhdellä kerralla.

Suojavyöhykkeissä elää myös monenlaisia eläimiä, jotka rikas-tuttavat viljelyalueen eliöstöä. Useat kasvituholaisten luon-taiset viholliset lisääntyvät luonnonkasveissa. Sieltä ne levittäytyvät myös viljelykasveihin. Tällaisella biologisella menetelmällä voidaan vähentää tuholaistorjunta-aineiden käyt-töä (WELLING ym. 1987, HOKKANEN 1988).

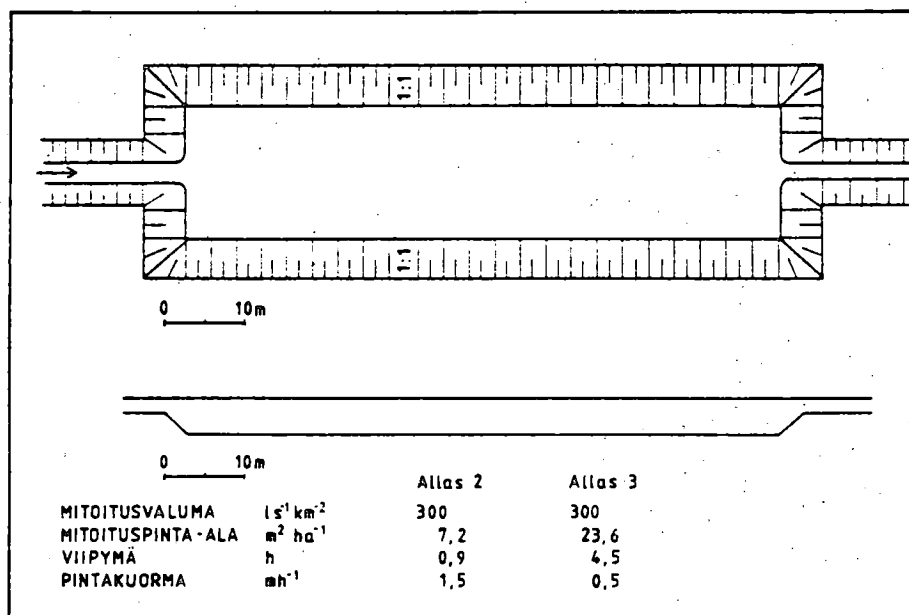
3.5. Selkeytymisaltaat

Neuvostoliitossa on saatu hyviä tuloksia maatalouden valumavesien puhdistamisesta selkeytymisaltaissa. Kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet laskivat selvästi allaskäsittelyn aikana. Johdettaessa vedet useamman altaan kautta puhdistustulos nousi 80 - 90 prosenttiin (KLIMKO 1985). Suomessa vastaavanlaisia altaita on käytössä turvesoilla sekä metsänojitualueilla. Metsissä pintavalumavesiä johdetaan hylättyihin ojastoihin, korpijuotteisiin, mutahautoihin ja muihin kuoppiin, jotka toimivat lietteen kerääjinä. Ojiin voidaan tehdä myös yhden kahden metrin syvennyksiä lietteen keräämistä varten (KOKKONEN 1988).

3.5.1. Allaskokeet turvesoilla

Vapo Oy tutki selkeytymisaltaiden puhdistustehoa turvetuotannossa olevilla alueilla vuosina 1982 - 1983. Koejärjestelyissä oli eri kokoisia valuma-alueita ja selkeytymisaltaita. Seuraavalla sivulla on esitetty kaavakuva eräästä allastyyppistä (kuva 11).

Allas on tavallaan ojanjatke. Se syvenee ja levenee virtausuunnassa. Tällainen allasmuoto pienentää virtausnopeutta ja parantaa partikkelien laskeutumisoloja. Altaan poikkileikkauksen muodon tulee olla kolmiomainen puolisuunnikas. Sivuluiskien kaltevuuden pitää olla vähintään 1 : 1,5. Altaat toimivat parhaiten silloin, kun ojaston kaltevuus on mahdollisimman alhainen. 1,5 o/oo:n kaltevuutta ei pitäisi ylittää. Altaan leveneminen virtausuunnassa hidastaa virtausta ja lisää hiukkasten laskeutumista (SELIN ja KOSKINEN 1985).



Kuva 11. Laskeutusaltaan suunnitelmapiirros ja laskennalliset mitoitusarvot (SELIN ja KOSKINEN 1985).

Altaan koko on mitoitettava valuma-alueen koon mukaan. Hyvin suuret vesimassat aiheuttavat pyörteitä virtaukseen, jolloin vain suurikokoiset ja raskaat hiukkaset laskeutuvat altaassa. Samalla hienojakoista aikaisemmin laskeutunutta lietettä saattaa lähteä uudelleen liikkeelle (SELIN ja KOSKINEN 1985).

Tämän tutkimuksen mukaan laskeutusaltailla voidaan selvästi vähentää vain kiintoainepitoisuuksia. Laskeutusaltailla kiintoaineesta pystyttiin poistamaan roudattomana aikana 30 - 40 %. Altaiden ravinteiden pidätyskyky oli melko heikko. Fosforin pidätys oli yleensä alle kaksikymmentä prosenttia. Ajoittain lähtevän veden fosforihuuhtoutuma oli suurempi kuin altaaseen tulevan veden. Typpihuuhtoutuma vaihteli 51 %:n poistumasta 20 %:n huuhtoutuman kasvuun. Eräs syy huonoon ravinteiden poistokykyyn oli se, että altaisiin ei ehtinyt muodostua liukoisia ravinteita sitovaa kasvillisuutta, koska altaita puhdistettiin usein (SELIN ja KOSKINEN 1985).

Virtaus vaihteli suuresti altaissa eri vuodenaikoina. Roudattomana aikana virtaus oli liian pieni. Pitkän viipymän aikana biologinen hajotustoiminta altaissa voimistui ja kiintoaineeseen sitoutuneet ravinteet vapautuivat. Pitkän poutajakson aikana liete saattoi joutua täysin hapettomaan tilaan (SELIN ja KOSKINEN 1985).

Kevätvalumien aikana altaat olivat liian pieniä. Lumensulamisvesien allastaminen olikin käytännössä mahdotonta. Tulvahuipun aikana allas oli vielä jäässä ja pääosa vedestä kulkeutui altaan pinnalla olevan jään ylitse. Jään alla suurella nopeudella virtaava vesi irrotti altaan pohjalle laskeutunutta lietettä. Vesimäärän vaihtelut sekä jää ja lumisohjo syövyttivät altaan reunoja keväällä (SELIN ja KOSKINEN 1985).

Tutkimuksessa todettiin, että altaat tulisi suunnitella vain roudattoman ajan käyttöön. Lumen sulamisvedet pitää ohjata altaan ohitse. Tulva-aikana kiintoaineen pidätys toteutetaan tehostamalla ojaston pidätyskykyä. Liete tulee poistaa altaista säännöllisesti, jotta pohjalietteen happipitoisuus ei laskisi liian alhaiseksi. Alhaisessa happipitoisuudessa fosforiyhdisteet muuttuvat liukoiseen muotoon ja kulkeutuvat vesistöön (SELIN ja KOSKINEN 1985).

3.5.2. Selkeytymisaltaiden käyttö Neuvostoliitossa

Neuvostoliitossa on alettu käyttää selkeytymisaltaita myös maatalousvesien puhdistamiseen. Valtaojiin tulevat pinta- ja salaojavedet puhdistetaan biologisissa lammikoissa ja kana-vissa. Altaisiin on istutettu järvikaislaa, osmankäämiä, limaskaa sekä muita ravinteita ja pestisidejä sitovia vesikasveja.

Selkeytymisaltaissa haitallisten aineiden pitoisuudet pienenevät 2 - 2,5 -kertaisesti. Turvetuotantoon käytetyillä alueilla valtaojien suihin rakennetut altaat alensivat 80 %

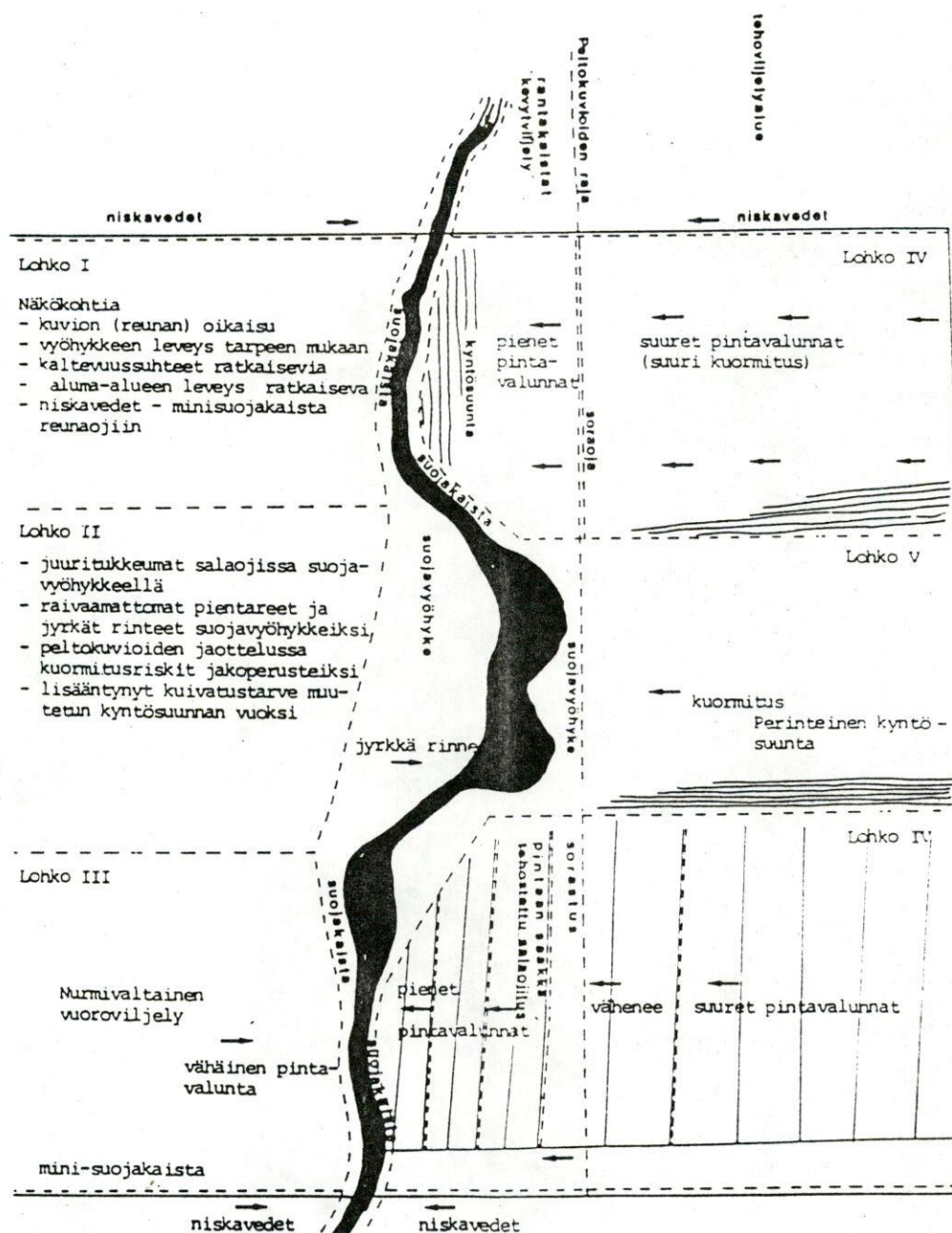
vesistöön huuhtoutuvan kiintoaineen määrää (VOROJEV 1985). Lietettyneet selkeytymisaltaat rehevöityvät ja toimivat biologisina lammikkoina. Tällaisten lammikoiden keskimääräinen puhdistusteho oli typen ja fosforin osalta 20 - 28 %. Sijoitettaessa kolme biologista allasta perätysten puhdistusteho nousi yli 90 prosenttiin. Myös rehevöityneellä pari sataa metrisellä valtaojalla on hyvä puhdistusteho (KLIMKO 1985).

3.5.3. Selkeytymisaltaiden sopivuus valumavesien puhdistamiseen

Edellä kuvattuja toimenpiteitä voitaneen soveltaa myös pelto-
viljelystä tuleviin valumavesiin. Pelloilla olevia mutalammi-
koita voidaan käyttää kiintoaineen selkeyttämiseen. Muun
muassa Kiuruvedellä maanviljelijät ja tutkijat ovat keskus-
telleet lietealtaiden rakentamisesta puroihin, jotka laskevat
läheisiin järviin. Peltovaltaisella alueella lietealtaita
pidetään yhtenä mahdollisena keinona vähentää järvien saastu-
mista. Lammikon kasvusto käyttää osan ravinteista. Kasvustoa
on poistettava altaasta toisinaan, jottei allas pääsisi liet-
tymään. Altaan vettä voidaan käyttää myös kasteluun. Uusien
lammikoiden perustamisen tarpeellisuutta ja niiden erilaisia
käyttömahdollisuuksia tulisi selvittää.

3.5.4. Muut keinot

Vesistöön tai ojiin rajoittuvat peltotöiden kannalta hankalat
pellonosat samoin kuin vuosittain kevät- ja syystulvan alla
olevat rantakaistaleet tulisi poistaa viljelystä. Samoin yli
kymmenen prosentin rinnekaltevuuden ylittävät pellot suosi-
tellaan jätettäväksi viljelyn ulkopuolelle. Rantamaita voi-
daan käyttää esimerkiksi laitumina sikäli, kun eläimet liik-
kuessaan eivät tuhoa rinteiden nurmipeitettä ja edistä näin
eroosiota. Ne voidaan jättää myös kokonaan maatalouskäytön
ulkopuolelle ja lunastaa viljelijöiltä esimerkiksi virkis-
tysalueiksi.



Kuva 12. Eräitä ratkaisumalleja eroosion ja huuhtoutumisen vähentämiseksi (PUUSTINEN 1988a).

4. LOPPUPÄÄTELMÄT

Jotta peltoviljelystä aiheutuva fosforikuormitus saataisiin vähenemään kolmanneksella nykyisestä vuoteen 1995 mennessä, on nopeasti ryhdyttävä toimenpiteisiin. Parhaiten fosforikuormitusta voidaan vähentää estämällä maan erodoituminen.

Maan vedenpidätyskyvyn ylläpito, toimiva ojitus sekä oikeat viljelytoimenpiteet ovat perusasioita fosforin huuhtoutumisen estämisessä. Maan hyvään kasvukuntoon tähtäävien toimenpiteiden lisäksi on muita tapoja.

Ojanvarsiin on jätettävä kapeat suojakaistat, jotka estävät maan kulkeutumisen ojiin peltotöiden aikana. Leveämpiä suojavyöhykkeitä tarvitaan jokien ja järvien rannoilla. Joskus saattaa olla tarpeen joidenkin pienten peltolohkojen poistaminen kokonaan viljelykäytöstä vesistöjen varsilla. Myös selkeytymisaltailla saattaa olla merkitystä pintavalumavesien puhdistuksessa.

Tärkeätä on muistaa, että mikään keino ei ole välttämättä yksinään riittävä vähentämään fosforin huuhtoutumista pelloilta. Otettaessa eri torjuntatavat yhdessä käyttöön voitaneen saavuttaa kolmasosan väheneminen fosforihuuhtoutumisissa.

5. KIRJALLISUUS

- AHOLA, H. 1988. Vantaanjoen suojavyöhykeselvitys. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunta. Julkaisu 2/1982, 19 p.
- ANON. 1972. Vesimaisema ja sen hoito. Vesihallituksen julkaisu 2/1972. 107 p.
- 1976. Jätevesiliete lannoitteeksi ja maanparannusaineeksi. Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti. 12 p.
 - 1982. Vesihallituksen valvontaohje nro 48 vesiensuojelunäkökohtien huomioon ottamisesta sikalajätteiden käsittelyssä ja hyödyntämisessä sekä sen soveltamisessa muille karjatalousjätteille (3700/500 VH 1981, 7.4. 1982). 7 p. + 1 liite.
 - 1984a. Luonnonmukaiset luiskavahvistukset maa- ja vesirakenteissa. Laadittu yhteistyössä Rakennustoimisto Maa ja Maiseman kanssa. Helsinki, 30.5.1978. Korjattu 10.9.1984. Vesihallitus. 22 p.

- ANON. 1984b. Kotieläinrakennusten jätehuolto. Maatilahallitus, Rakentamishjeet. RT MTH-20557 MRO C4. 30.4.1984. 4 p.
- 1984c. Toimenpide-ehdotukset ja suositukset Aurajoen vesiensuojelulle. Aurajoen vesiensuojelun neuvottelukunta. Vesihallituksen monistesarja 1984:288. 37 p.
 - 1986. Vesiensuojelun tavoiteohjelma vuoteen 1995. Komi-teanmietintö 1986:42. 191 p.
 - 1987a. Aurajokityöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö, Sarja C 24/1987. 84 p.
 - 1987b. Tuottava lannoitus. Kemira. 80 p.
 - 1988. Vesiensuojelun tavoiteohjelma vuoteen 1995. Ympä-ristöministeriö, Sarja B 12/1988: 1-24.
- AULL, G. H., LOUDON, T. L. & GERRISH, J. B. 1980. Runoff quality enhancement with a vegetated buffer. ASAE Paper No. 80-2538. 12 p.
- BINGHAM, S. C., WESTERMAN, M. R. & OVERCASH, M. R. 1980. Effect of grass buffer zone length in reducing the pollution from land application areas. Transactions of the ASAE. p. 330-342.
- COOPER, J. R. & GILLIAM, J. W. 1987. Phosphorus Redistribu-tion from Cultivated Fields into Riparian Areas. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 1600-1604.
- DILLAHA, T. A., SHERRARD, J. H., LEE, D., MOSTAGHIMI, S. & SHANHOLTZ, V. O. 1985. Sediment and phosphorus transport in vegetative filter strips: phase 1, field studies. ASAE Paper 85-2043. 7 p.
- DOYLE, R. C. & STANTON, G. C. 1977. Effectiveness of forest and grass buffer strips in improving the water quality of manure polluted runoff. ASAE Paper No. 77-2501. 8 p.
- GUSTAFSON, A. 1987. Water discharge and leaching of nitrate. Ekohydrologi 22: 1-82.
- HAUKKA, J. 1988. Effect of various cultivation methods on earthworm biomass and communities on different soil types. Journal of the Agricultural Research Centre. 27,4: 263-269.
- HEINONEN-TANSKI, H. 1988. Suojavyöhykkeiden vaikutus vesien mikrobipitoisuuksiin. Maataloudesta aiheutuvien ympä-ristöhaittojen minimointi vesistöihin rajoittuvilla pelloilla -tutkimuspalaveri 2.9.1988. Maatalouden tut-kimuskeskus, Kokousmuistio. 5 p.

- HIISIVIRTA, L. 1987 Talousveden terveydelliset riskitekijät ja niiden valvonta. Ympäristö ja Terveys 5: 320-327.
- HOKKANEN, H. 1988. Suojavyöhykkeet tuholaiistorjunnan kannalta. Maataloudesta aiheutuvien ympäristöhaittojen minimointi vesistöihin rajoittuvilla pelloilla -tutkimuspalaveri 2.9.1988. Maatalouden tutkimuskeskus, Kokousmuistio. 5 p.
- HOSIAISLUOMA, V. 1986. Maastopaljastumien ja muuttumien vihaytytys luonnonvaraisilla kasveilla. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1986: 1: 1-18.
- JAAKKOLA, A. 1984. Leaching losses of nitrogen from a clay soil under grass and cereal crops in Finland. Plant and Soil 76: 59-66.
- JORMOLA, J. 1988. Suullinen tieto 5.4.1988. Vesi- ja ympäristöhallitus.
- JUNNILA, S. 1988. Torjunta-aineiden hajaantuminen maaperässä. Helsingin yliopiston Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskuksen järjestämän "Maa- ja metsätalouden ympäristövaikutukset" -kurssin vierailu MTTK:ssa 24.8.1988. 2 p.
- KAASINEN, A. 1984. Iisalmen reitin yläosan hajakuormitus selvitys. Vesihallituksen monistesarja 1984:221. Kuopion vesipiirin vesitoimisto. 115 p.
- KALLIO-MANNILA, K. 1988. Torjunta-aineiden ympäristövaikutukset ja niiden arviointi. Maa- ja metsätalouden ympäristövaikutukset 23.-26.8.1988. Helsingin yliopisto, Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. p. 46-51.
- KAUPPI, L. 1978. Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. Vesientutk.lait. julk. 30: 21-41.
- 1979. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to water-courses. Vesientutk.lait. julk. 34: 35-46.
 - 1984a. Contribution of agricultural loading to the deterioration of surface waters in Finland. Vesientutk.lait. julk. 57: 24-30.
 - 1984b. Nitrate in runoff and river Waters in Finland in the 1960's and 1970's. Vesientutk.lait. julk. 57: 31-40.

- KAUPPI, L. 1985. Ravinteiden huuhtoutumisen ja sen vesistövaikutuksen arviointimenetelmät. XVII Maanparannus-vesitalous -symposiumi, Jyväskylä 11.-12.6.1985. Vesihallituksen monistesarja 345 A: 87-92.
- 1989. Maatalous ja vesistöt. MAVERO-projektin tiedotustilaisuus, MMM 17.2.1989.
 - & NIEMI, M. 1984. The role of runoff water phosphorus in eutrophication. Vesientutk.lait. julk. 57: 41-51.
- KEMPPAINEN, E. 1986a. Kuivikelanta ja virtsa lannoitteina. SITRA Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. Tietolehtinen 11. 7 p.
- 1986b. Lietelanta lannoitteena. SITRA Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. Tietolehtinen 12. 8 p.
 - 1987. Lausunto turvelitetuotteesta. Maatalouden tutkimuskeskus. Kainuun tutkimusasema. 1 p.
- KLIMKO, A. I. 1985. Vesiensuojelutoimenpiteet maanparannusjärjestelmien rakentamisen ja käytön suunnittelussa. XVII Maanparannus- ja vesitaloussymposiumi, Jyväskylä 11.-12.6.1985, Vesihallituksen monistesarja 345 A: 101-109.
- KOJOLA, T. 1987. Lietelannan varastoiminen turpeeseen. Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. 18 p. + 1 liite.
- , REINIKAINEN, O. & SELIN, P. 1988. Lietelannan aiheuttamien ympäristöongelmien ehkäiseminen turpeen avulla. Vapo Oy, Keskushallinto 9.2.1988. 7 p.
- KOKKONEN, J. 1988. Vesiensuojelutoimenpiteet metsäojituksessa. Maa- ja metsätalouden ympäristövaikutukset 23.-26.8.1988. Helsingin yliopisto, Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. p. 64-66.
- LAHERMO, P. 1988. Pohjavedet kartoitettu. Tiede 2000 5: 52-57.
- LAHTI, K. 1987. Taudinaiheuttajat talousvedessä. Ympäristö ja Terveys 5: 329-332.
- LAVONEN, A. & LAINE, E. 1989. Ruiskuttajan käsikirja. Työte-hoseura ja Pellervo-lehti. 24 p.

- LIDÉN, C-J. 1988. Utvecklingstendenser i Sverige. Jordbruk och miljö - seminarium 26.-27.10.1988. Tune. Danmark. 15 p.
- LOMMI, P. 1987. Talousveden kemialliset ominaisuudet terveydelliseltä kannalta. Ymp. Terv. 5: 353-357.
- LOWRANCE, R. R., TODD, R. L. & ASMUSSEN, L. E. 1983. Waterborne nutrient budgets for the riparian zone of an agricultural watershed. Agriculture, Ecosystems and Environment 10: 371-384.
- , TODD, R., FAIL, J. Jr., HENDRICKSON, O. Jr., LEONARD, R. & ASMUSSEN, L. 1984a. Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. BioScience 34, 6: 374-377.
 - TODD, R. L. & ASMUSSEN, L. E. 1984b. Nutrient Cycling in an Agricultural Watershed: 1. Phreatic Movement. J. Environ. Qual. 13, 1: 22-27.
- LOWRANCE, R. R., TODD, R. L. & ASMUSSEN, L. E. 1984c. Nutrient Nutrient Cycling in an Agricultural Watershed: II. Streamflow and Artificial Drainage. J. Environ. Qual. 13, 1: 27-32.
- LUOMA, T. 1989. Ravinteiden ja kasvinsuojeluaineiden käytön ympäristökuormituksen minimointi. Helsingin yliopisto, maatalousteknologian laitos.
- MALMI, J. S. 1986. Suojavyöhykkeet maatalouden vesiensuojelussa - kirjallisuuskatsaus. Vesihallituksen monistesarja nro 415. 98 p.
- MANSIKKANIEMI, H. 1982. Maaperän eroosio intensiivisesti viljellyillä alueilla Lounais-Suomessa. Turun yliopiston maantieteen laitoksen monisteita n:o 3: 1-75.
- 1983a. Viljelyeroosio voimakasta Lounais-Suomen savikkoalueilla. Suomen luonto 1: 33-35.
 - 1983b. Jokien moninaiskäytöstä ja suojelusta Neuvostoliitossa. TERRA 95:4. p. 227-231.
 - 1986. Ennen kuin eroosio etenee. Tiede 2000 6: 48-51.
- MELANEN, M., JAAKKOLA, A., MELKAS, M., AHTIAINEN, M., & MARTINVESI, J. 1985. Leaching resulting from land application of sewage and slurry. Tiivistelmä Jätevesilietteestä ja lietelannasta aiheutuva huuhtoutuminen. Vesihallitus. 124 p.

- MOSTAGHIMI, S., DILLAHA, T. A. & SHANHOLTZ, V. O. 1988. Influence of Tillage Systems and Residue Levels on Runoff, Sediment, and Phosphorus Losses. TRANSACTIONS of the ASAE. N:o 1. (31): 128-132.
- NIEMI, J. ja NIEMI, M. 1988. Hygienia- ja ympäristöprojekti. Vantaanjoki-vuosikirja 1987. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu n:o 24: 8-11.
- ORAVAINEN, R. 1987. Opasvihkonen Velvoitetulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 25 p.
- PELTOLA, I., NURMISTO, U., KEMPPAINEN, E., HELMINEN, K. & HELMINEN, J. 1986. Pintaturpeen käyttö lypsylehmien kuivikkeena. Työtehosteiden julkaisuja 274: 1-151.
- PEKKARINEN, M. 1979. Ravinteiden huuhtoutuminen Siuntionjoen vesistöalueella. Diplomityö. Teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööriosasto. Helsinki. 225 p.
- PERSSON, P-E. 1988. Tappajalevä iski. Tiede 2000. 8:32-33.
- PUUSTINEN, M. 1987. Typpihaittojen vähentäminen maataloudessa. Kuopion vesitutkimuspäivät 14. - 15.10.1987. 15 p.
- 1988a. Peltoviljelystä aiheutuvan vesistökuormituksen vähentäminen. Esitys "Maataloudesta aiheutuvien ympäristöhaittojen minimointi vesistöihin rajoittuvilla pelloilla" -tutkimuspalaverissa 1.6.1988. 14 p.
 - 1988b. Eroosion, peruskuivatuksen ja peltojen kuivatus-tilan tutkimuksesta ja tutkimustarpeista vesiensuojelun näkökulmasta. Maa- ja metsätalouden ympäristövaikutukset 23.-26.8.1988. Helsingin yliopisto, Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. p. 23.-34.
- PÄTS, H. E. 1985. Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteet Matalan valtiollisella luonnonsuojelualueella. XVII Maanparannus- ja vesitaloussymposiumi, Jyväskylä 11.-12.6.1985. Vesihallituksen monistesarja 345 A: 126-132.
- RANTA, P. 1988. Vantaanjoen kasvillisuutta tutkitaan. Elinympäristö 1/88: 16-20.
- RANTAKANGAS, O. & NISKANEN, J. 1988. Kompostoinnin edellytykset ja sen rationaalinen soveltaminen. Projektityö 23.11.1988. Peltosalmen maatalousoppilaitos. Opisto IV. 28 p.

- REKOLAINEN, S. 1985. Maa- ja metsätaloudessa käytettävien torjunta-aineiden huuhtoutuminen ja sen vesistövaikutukset. XVII Maanparannus- ja vesitaloussymposiumi, Jyväskylä 11.-12.6.1985. Vesihallituksen monistesarja 345 A: 93-100.
- 1988. Torjunta-aineiden huuhtoutuminen ja esiintyminen vesistöissä. Maa- ja metsätalouden ympäristövaikutukset 23.-26.8.1988. Helsingin yliopisto, Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. p. 52-58.
- SAARELA, I. 1988a. Perustettavan nurmen fosforilannoitus. Koetoim. ja Käyt. 45: 36.
- SAARELA, I. 1988b. Lannoituksen optimointi. Esitelmä MMM:n luonnonvarainneuvoston vierailijoille MTTK:ssa 8.8.1988. 2 p.
- SALO, P., VALTA, K. & MANSIKKANIEMI, H. 1985. Lapväärtinjoen ja Hyypänjoen valuma-alueiden eroosiotutkimus. Vesihallitus. Tiedotus 267: 1-76.
- SALONSAARI, H. 1983. Siikajoen vesistöalueen hajakuormitus selvitys. Diplomityö. Oulun yliopiston vesitekniikan osasto.
- SELIN, P. & KOSKINEN, K. 1985. Laskeutusaltaiden vaikutus turvetuotantoalueiden vesistökuormitukseen. Vesihallituksen tiedotus 262. Helsinki 1985. 95 p.
- SEUNA, P. & KAUPPI, L. 1981. Influence of sub-drainage on water quantity and quality in a cultivated area in Finland. Vesientutk.lait. julk. 43: 32-47.
- & VEHVILÄINEN, B. 1986. Eroosio ja kiintoaineen kulkeutuminen. Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys r.y. p. 226-253.
- TURTOLA, E. 1989. Viherkesannossa ravinteet säilyvät. Saroilta 4: 8-10.
- & JAAKKOLA, A. 1985. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 6/85. 43 p.
- & JAAKKOLA, A. 1987. Viljelykasvin vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 22/87. 34 p.

- URBEL, V. A. & MANDER, J. E. 1985. Suojavyöhykkeiden merkitys vesiensuojelussa. XVII Maanparannus- ja vesitaloussymposiumi, Jyväskylä 11.-12.1985. Vesihallituksen monistesarja 345 A: 79-86.
- VALPASVUO-JAATINEN, P. 1987. Hajakuormitus vesiensuojeluviranomaisen näkökulmasta. Pohjois-Savon vesipäivä 1987. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja N:o 48. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri. 3 p. + liite.
- VOROBJEV, N. I. 1985. Vesiensuojelutoimenpiteet maatalousalueilla. XVII Maanparannus- ja vesitaloussymposiumi, Jyväskylä 11.-12.6.1985. Vesihallituksen monistesarja 345 A: 25-33.
- WELLING, M., MOLTHAN, J. & PITRZIK, J. 1987. Wie kommen die Nützlinge vom Feldrain ins Feld rein? TASPO magazin, October 1987: 37-38.
- YOUNG, R. A., HUNTRODS, T. & ANDERSON, W. 1980. Effectiveness of vegetated buffer strips in controlling pollution from Feedlot Runoff: J. Environ. Qual. 9, 3: 483-487.
- YOUNG, C. P. 1983. Topic 1: Data Acquisition and Evaluation of Groundwater Pollution by Nitrates, Pesticides, and Disease-Producing Bacteria: Envirol. Geol. 5, 1: 11-18.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalyset i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanniskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-1982. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savi-
mailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien ver-
tailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.
4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia
vuosilta 1975-1983. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvi-
huonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuen-
tamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan
ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaatilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja
esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheininä ja timotein kasvu ja
rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-1983. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosfo-
rilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maala-
jeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A.
Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten
lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäy-
tymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys
porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 lii-
tettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14
liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet
1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.

22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.

PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.
23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina. III Kompostin arvo lannoitteena. 52 p.

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIH-VOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakoikkeissa 1970-luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.
6. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakkin sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.

15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.
16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.
17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet. Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-1984.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmista. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urea, urea-fosforihappo-viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.
2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteenä. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsälannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusalueella. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Herneaurasta saatava typpilannoitusohje. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kulumisen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koriste-kasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pih-lajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyval-vonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljely-kasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984. 29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turve-maiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astia-kokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoi-tuksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenra-vinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoittelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p. 63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahin-kojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympärys Rhizobium-bakteerilla.
Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa. P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätiljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.
5. KIIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipäristen valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljosten siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätiljosten ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TAL-
VITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vai-
kutukset kevätiljosten satoon ja laatuun: kuuden koevuoden
tulokset. p. 1-61 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality
of cereals: results after six years.

PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin
ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62-167 sisältäen 3
liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemi-
cal properties of soil.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONT-
TURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988.
147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseos-
kokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia
1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden
tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukin-
ta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetäimituotanto ja sen merki-
tys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumil-
ta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia
vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pakkala. 95 p.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus
pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.
JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien
pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan.
p. 7-22.
JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.
PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p. 35-38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintako-
keissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 lii-
tettä.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta
ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrar
avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink.
Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in
the mink. p. 1-17.
ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun
pennuilla - emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos
mink- och blårevsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen.
Digestibility of different fats in mink and blue fox kits -
influence of emulsifying agents. p. 18-37.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein
siemennurmilla. p. 1-24.
Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmää-
rä. p. 26-48.
Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa.
p. 50-52.
21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punata. 51 p. + 1 liite.

